

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
Hornicko – geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

# Diplomová práce

2010

Jan Banasinski

# **VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Hornicko - geologická fakulta**

**Institut environmentálního inženýrství**

## **Vliv sléváren na životní prostředí Environmental Impact of Foundries**

Vedoucí diplomová práce: doc. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.

Datum zahájení diplomové práce: 31. 10. 2009

Datum odevzdání diplomové práce: 15. 04. 2010

**2009**

**Bc. Jan Banasinski**

### Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst.3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského práva
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)

V Ostravě dne .....

.....  
Bc. Jan Bansinski

Václavovická 566

Šenov 73934

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě dne .....

.....

podpis

### Poděkování

Rád bych touto formou poděkoval všem, kteří mi byli podporou při vypracování této diplomové práce a těm, kteří mi byli nápomocni při shromažďování teoretických i praktických poznatků v průběhu vypracování. Jmenovitě bych chtěl poděkovat zejména vedoucímu mé diplomové práce Prof. Ing. Vladimíru Lapčíkovi, CSc.

## **Abstrakt**

**Jméno:** Bc. Jan Banasinski

**Název:** Vliv sléváren na životní prostředí

**Klíčová slova:** Slévárenství, vliv sléváren, životní prostředí,

Cílem práce bylo na základě měřitelných dat ukázat vliv slévárenství na životní prostředí. V práci je objasněna problematika výrobního odvětví slévárenství. Byly analyzovány jednotlivé procesy a jejich možné vlivy.

Hlavním přínosem práce je seznámení s jednotlivými procesy, legislativou týkající se slévárenství a využitelnost těchto poznatků v praxi. Čtenářům poskytuje přehledné informace. Vše je doplněno názornými výsledky.

**Name:** Bc. Jan Banasinski

**Title:** Environmental Impact of Foundries

**Key words:** Foundry, Impact of Foundries, environment

Purpose of thesis was based on quantifiable data to show environmental Impact of Foundries. In the thesis are illustrated problems of the foundry industry. There were analyzed individual processes and their potential effects.

The main benefits of this work are meets with the various processes, legislation relating to the foundry and the usefulness of this knowledge into practice which provides readers concise information. All results are in ascending order.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD A CÍL PRÁCE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. SLÉVÁRENSTVÍ.....</b>	<b>4</b>
2.1 PŘEDSTAVENÍ SLÉVÁRENSTVÍ .....	4
2.2 ČLENĚNÍ VÝROBY .....	5
2.3 MODELY .....	5
2.3.1 Základní poznatky .....	5
2.3.2 Materiály pro výrobu modelů .....	6
2.3.3 Jaderníky.....	7
2.3.4 Formovací materiály.....	7
2.3.5 Pomocné formovací látky .....	10
2.4 ÚPRAVA FORMOVACÍ SMĚSI .....	10
2.4.1 Formovací směsi.....	10
2.4.2 Skladování a úprava nového ostřiva.....	12
2.4.3 Vratné písky .....	13
2.4.4 Mísíče vazné směsi .....	16
2.4.5 Nevazné směsi .....	19
2.4.6 Regenerace vratných formovacích směsí.....	23
2.5 ZAŘÍZENÍ FORMOVEN .....	28
2.5.1 Formování.....	28
2.5.2 Formovací zařízení.....	30
2.5.3 Ruční výroba forem .....	30
2.5.3.1 Otevřené formy.....	30
2.5.3.2 Uzavřené formy.....	31
2.5.3.3 Formování do země.....	32
2.5.3.4 Šablonování .....	32
2.5.4 Formování strojní .....	33
2.5.4.1 Stroje pro formování bentonitové směsi v rámech.....	33
2.5.4.2 Metací stroje (pískomety).....	34
2.5.4.3 Trvalé formy (kokily).....	35
2.6 ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY LITÍ .....	35
2.6.1 Lití pod tlakem .....	35
2.6.2 Odstředivé lití.....	36
2.6.3 Sklopné lití .....	36
2.6.4 Lití metodou vytavitelných a spalitelných modelů .....	37
2.6.5 Lití do skořepinových forem.....	38
2.7 ZAŘÍZENÍ K ČIŠTĚNÍ POVRCHU ODLITKŮ .....	38
2.7.1 Zařízení k čištění odlitků .....	38
2.7.2 Zařízení pro oddělování vtoků a nálitků.....	40
2.7.3 Zařízení pro apreturu odlitků .....	40
2.8 TAVÍRNY .....	40
2.8.1 Kuplovny.....	41
2.8.2 Elektrické indukční pece.....	43
2.8.3 Rotační plynová pec .....	43
2.8.4 Elektrická oblouková pec (EOP).....	44
2.9 MOŽNÉ VLIVY NA ŽP .....	45
<b>3. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>47</b>

---

3.1	HISTORIE SPOLEČNOSTI .....	47
3.2	PROFIL SPOLEČNOSTI .....	48
3.3	IDENTIFIKACE ZDROJE A PROVOZOVNY .....	49
3.4	VZTAH SPOLEČNOSTI K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ .....	50
3.5	ZÁKAZNÍCI SPOLEČNOSTI .....	52
3.6	ZAŘÍZENÍ SLÉVÁRNY ODLITKŮ .....	53
3.6.1	<i>EOP 30t/den</i> .....	53
3.6.2	<i>EIP 18t/den</i> .....	56
3.6.3	<i>EIP AJAX I, II</i> .....	58
3.6.4	<i>Ostatní provozní celky slévárny</i> .....	60
3.6.5	<i>Odlučovací zařízení</i> .....	61
3.7	EMISNÍ LIMITY .....	62
3.8	NAKLÁDÁNÍ S ODPADY .....	65
<b>4.</b>	<b>ZHODNOCENÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>67</b>
<b>5.</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>70</b>
<b>6.</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA</b> .....	<b>71</b>
<b>7.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>76</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>78</b>
<b>11.</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>79</b>



# 1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Péče o životní prostředí patří k aktuálním celosvětovým problémům. Dosavadní zkušenosti a měření ukazují, že společenský rozvoj měl ve většině případů negativní dopady na životní prostředí. Aby nedocházelo k dalším negativním dopadům, je nutné změnit vztah k životnímu prostředí. V rámci státní politiky životního prostředí je i udržitelný rozvoj. K jeho dosažení je připravena nutná legislativa. Tyto preventivní opatření je nutné dodržovat, jinak hrozí poškození sankcemi.

Cílem mé diplomové práce je na základě věrohodných dat dokázat vliv sléváren na životní prostředí.

Práce je rozdělena na teoretickou část, kde se snažím seznámit s celou řadou výrobních technologií jednotlivých sléváren a možnostmi vlivu během výroby, a na praktickou část, kde se věnuji konkrétnímu problému. K reálnému zhodnocení jsem si vybral firmu Vítkovické slévárny, spol. s r.o. Praxe ukazuje nutnost neustálého zlepšování jednotlivých procesů a následné snižování nákladů a vlivů na životní prostředí.

Životní prostředí je tady pro nás pro všechny, je jen na našem svědomí, jak s ním budeme nakládat a v jakém stavu ho ponecháme našim dětem.

## 2. SLÉVÁRENSTVÍ

### 2.1 Představení slévárenství

V dnešní době se setkáme se slévárnami tavící železné kovy, neželezné kovy a slitiny. Tyto materiály přetvářejí na konečný tvar výrobku nebo blízký tvar, který je nutné upravit. Proces funguje na základě odlévání roztaveného kovu nebo slitiny do speciálně připravené formy a následné ztuhnutí roztaveného materiálu. Slévárenství zasahuje do mnoha oblastí průmyslu. Skládá se z široké kombinace mnoha technologických postupů. Organizace odlévání je založena na typu vsázky, kde hlavní rozdíl je mezi slévárnami železných a neželezných kovů.

Evropský slévárenský průmysl obsadil třetí příčku na světě, co se týče odlitků z železa, druhé místo zaujímá v produkci odlitků z neželezných kovů. Roční produkce slévárenských odlitků v EU činí 11,7 mil. tun odlitků z železa a 2,8 mil. tun odlitků z neželezných kovů. Předního postavení zaujímají Německo, Francie a Itálie.

Hlavními odběrateli slévárenství je automobilový průmysl (50% podíl na trhu s odlitky), strojírenství (30% podíl) a stavební průmysl (10% podíl). (BREF, 2005)

Snahou dnešní doby je snížit náklady na výrobu konstrukčně složitých součástí. Hledají se možnosti, aby se daly součásti odlévat s co nejmenšími přídávky na obrábění, s čistým povrchem a bez vnitřních vad. Během posledních let byly objeveny nové formovací hmoty a nové způsoby plnění forem. Formovací písky s jílovým podílem byly doplněny pojivy z umělých hmot, vysychavými oleji, silikáty, hydraulických látek i alkalických křemičitanů a začalo se používat polotrvalých i trvalých keramických nebo kovových forem. Dřívější způsob plnění forem (stacionární, gravitační) byl doplněn novými způsoby plnění forem za použití zvýšeného či sníženého tlaku. Tím se značně zvýšila hospodárnost výroby. (Macášek, 1972)

Navzdory zavádění nových či modernizaci stávajících výrobních technologií je odvětví charakteristické vysokou materiálovou a energetickou náročností. Jako každý znečišťovatel životního prostředí je legislativně omezován. Jedná se o systém integrované

prevence a kontroly znečišťování (IPPC), posuzování vlivu chemických a nebezpečných látek (REACH) a obchodování se skleníkovými plyny (ETS). Podstatné je i závislost na vstupních surovinách, které je nutno většinou dovážet ze zahraničí.

## 2.2 Členění výroby

Celý proces výroby je závislý na mnoha postupech. Je zde závislost na typu kovu, velikosti sérií a typu výrobku. Hlavním dělicím faktorem je použitý typ kovu na výrobu (železný nebo neželezný) a na používaném typu forem (jednorázové nebo trvalé formy). Z těchto možností vyplývá několik technologií podle typu pece, systému výroby jader a forem, systémy odlévání a konečné úpravy. Každá z těchto technologií má své technické, ekonomické a životního prostředí se týkající vlastnosti, klady a zápory. (BREF, 2005)

Obecné schéma slévárenského postupu je znázorněno v **příloze č. 1** (Slévárenský postup). Postup může být rozdělen následovně:

- tavení a zpracování tavenin – tavárna
- příprava forem a jader – formovna
- odlévání tekutého kovu do forem, chlazení z důvodu tuhnutí a vyjímání odlitků z forem – slévárna
- konečná úprava surového odlitku – čistírna a další dokončovací dílny.

## 2.3 Modely

### 2.3.1 Základní poznatky

Výroba modelového komplexu se uskutečňuje v modelárnách na základě příslušné objednávky. Model je základní pomůcka k výrobě formy. Hlavním podkladem je slévárenský postupový výkres. Konstruktor navrhující tvar a velikost odlitků, musí dodržet několik pravidel, aby byl model co nejjednodušší, snadno šel zaformovat a vyjmout z formy. Musí se rozhodnout, zda bude model z jednoho kusu nebo dělený a určí velikost přídavek na opracování. (Kořený, 1989)

Rozměry modelu se musí nastavit vždy tak, aby byly větší o smrštění kovu nebo slitiny. K usnadnění práce modeláři používají zvláštní měřítka, která jsou o jisté procento větší než normální metr. Říkáme jim modelářské metry. Modelářský metr pro šedou litinu je o 1% delší než normální. Neželezné kovy mají metr o 1,8% delší a pro ocelovou litinu o 2%.

Na výrobu modelů se používají ruční nástroje, univerzální stroje nebo systémy CAD/CAM na strojích CNC (číslicově řízené počítače). Tyto systémy podpořené počítačem mají lepší rozměrovou přesnost a konzistenci než ruční metody výroby modelů. (BREF, 2005)

### **2.3.2 Materiály pro výrobu modelů**

Kapitoly jsem zpracovával podle (Kořený, 1989; Lapčík, 2008)

Na výrobu modelů je možné použít materiály jako je dřevo, kovy, slitiny, plastické hmoty, licí pryskyřice, sádra, nátěrové tmely a hmoty, barvy, laky a další pomocné materiály. Vosk, umělá hmota a polystyrenový tmel se používají v postupech pro přesné lití na spalitelný model.

Dřevo je nejčastějším používaným materiálem na výrobu modelů. Na našem území se nejčastěji používá dřevo ze smrku, jedle, borovice, olše, javoru, hrušně, ořechu a na doplňky pro modelové zařízení dřevo bukové či dubové.

V sériové výrobě odlitků je vhodné použít modely kovové. Při formování jsou vystavené značnému opotřebení a dřevo by v sériové výrobě neobstálo. Na výrobu se používají kovy a slitiny jako slitiny hliníku, hořčíku, šedé a tvárné litiny, slitiny mědi a oceli.

V technologii vytavitelných modelů používáme modely voskové, rtuťové nebo z plastických hmot. Do plastických hmot řadíme novodur, licí pryskyřice, a pěnové polystyrény. Občas se můžeme setkat s modely vyrobených z cementu nebo sádry. Lití do sádrových forem lze použít pouze u slitin s nižší tavicí a licí teplotou, zejména při odlévání slitin hliníku a některých slitin mědi.

Výrobek, který má mít jádro má na modelu výstupky, které ve formě vytvářejí lůžko na uložení jádra. Aby známka v modelu šla snadno poznat, natírá se plocha černou barvou.

U děleného modelu je na dělicí rovině vyznačen průřez dutiny. Pomocí průřezu dutiny formír pozná, jak má správně umístit do formy jádra.

Vzniklé vady a zaoblení na povrchu modelů a jaderníků opravuje formír modelářským tmelem. Dřevené modely je nutné natírat lakem, který je ochrání před mechanickým poškozením formovacím pískem, působením vlhkých formovacích hmot, dává modelu hladký povrch. Hladkost povrchu je důležitá při vyjmutí modelu z formy. Barva laku označuje, z jakého druhu kovu bude odlitek zhotoven. Pro šedou litinu je určena červená barva, ocelové litině je určena tmavomodrá. Přesné modely se natírají jen šelakem a materiál odlitku je označen barevným trojúhelníkem příslušné barvy. Ležaté křížky na modelu označují, že se daná plocha bude ještě opracovávat.

### 2.3.3 Jaderníky

Jádro nám složí pro vytvoření dutiny v odlitku nebo jeho části. Zhotovují se většinou ze dřeva nebo při sériové výrobě se používá odlitků z kovu. Jaderníky jsou zhotovovány obdobně jako modely. Pro snadnější vyjmutí jádra z jaderníku se vyrábějí dělené. Cenově je výroba jaderníku mnohem větší než modelu, spotřeba materiálu je větší a výroba náročnější. Na výrobu jader pro litinové odlitky je použito křemenné ostřívo. Technologie pojení závisí na velikosti odlitku, výkonu výroby, litém kovu nebo vlastnosti vytloukání. Na výrobu válcových jader používáme vytlačovací stroje. Ostatní jádra můžeme formovat stejně jako u výroby forem. (Chrást, 1990)

### 2.3.4 Formovací materiály

Kapitolu jsem zpracoval podle ( Macášek, 1972; Lapčík, 2008; Bednářová, 2004; Jelínek, 1969)

Základní surovinou formovacích směsí je ostřívo, které představuje až 98% objemu směsi. Nejčastěji používaným ostřivem je jakostní **křemenný písek** ( $\text{SiO}_2$ ). Při výrobě těžkých odlitků našel své místo v českých slévárnách chromit. Chromit má vyšší ochlazovací účinek a žáruvzdornost. Nevýhodou je desetinásobně vyšší cena než u křemenného písku. V menší míře se využívá jako ostřívo zirkon, olivín, lupek a chrommagnesit.

Složkou zpevňující formu říkáme pojivo. Pojivo je k ostřívu přidáváno v množství 1 – 10 % v závislosti na typu pojivového systému. Pojivo drží pohromadě ostřívo a dává mu tak potřebnou soudržnost. Směs může dále obsahovat vodu a další přísady k zlepšení vlastností. Přehled vývoje pojivových systémů je znázorněn v **příloze č. 2**.

Jako uměle připravené formovací směsi můžeme označit **syntetické písky**. Křemičitý písek se pojí pomocí vazného materiálu, bentonit (montmorillonitický jíl s obsahem montmorillonitu  $\text{NaAl}_3\text{MgSi}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ ). Díky svým schopnostem vázat vody umožňuje formování na syrovo. Bentonitová směs představuje nejpoužívanější směs pro výrobu forem v sériové výrobě, 60 - 70 % odlitků z litiny a oceli do 400 kg je vyráběno pomocí tohoto typu forem. Bentonitová směs je směsí vratnou, po vytlučení odlitku rozbití hrud, odstranění kovových příměsí, promísení a nezbytném oživení (přidavkem vody, bentonitu, nového písku a uhlíkatých přísad, které jsou přidávány při výrobě litiny ke zlepšení povrchu) se směs znovu vrací do oběhu.

**Jádrový písek** využíváme pro výrobu jader, které se vkládají do forem, pro zhotovení dutiny. Jádrový písek musí zaručovat pevnost, tvárnost a žáruvzdornost, protože jádra obléváme tekutým kovem. Jádra se po vychladnutí rozpadají a lze je lehce odstranit. Na výrobu se používá křemičitý písek a jako pojidlo se přidává kalafuna, rybí tuk, melasa, sulfitový loup nebo dextrin.

Na výrobu odlitků z ocelové litiny se používají **formovací hmoty** neboli ocelářské směsi. Základním materiálem formovacích hmot je šamot, lupek, upotřeбенé a rozemleté šamotové cihly, rozemleté grafitové kelímky a písek. Jako pojivo je použit jíl. Formy sušíme při teplotách 400 až 600 °C. Náklady na výrobu je však nákladná, proto se formy využívají pro velké a důležité odlitky, kde je požadována značná hladkost povrchu.

**Cementový písek** se skládá z křemenného písku (84%), portlandského cementu (10 %) ostatní procenta připadají na vodu. Výhoda spočívá v tom, že formu nemusíme sušit.

Slévárenské písky s přidavkem pojiva vodního skla – alkalický křemičitan ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), tzv. **CT písky**. CT písky obsahují 89 % křemenného písku, 5 % žáruvzdorné hlíny, 5 % vodního skla a 1 % mazutu. Pevnost formě dosahujeme vytvrzováním, chemickou reakcí pojiva s oxidem uhličitým ( $\text{CO}_2$ ). Jedná se o výrobu jader a forem bez zdoluhavého sušení. Ztvrzená směs umožňuje výrobu i těžkých a masivních odlitků. Forma reakcí prochází 15 až 20 minut, za tlaku 0,1 až 0,6 MPa. Kapalný roztok křemičitanů přechází v polopevnou až pevnou směs a pevně spojuje jednotlivá zrnka písku.

Následující tabulka dokumentuje výsledky několika studií chemické analýzy používaných slévarenských směsí získaných z různých zdrojů. Z údajů můžeme vyvodit, že obsah kovových a organických škodlivin ve formovacích směsích je poměrně nízký.

**Tabulka 1 Výsledky analýz (mg/kg) použitých formovacích směsí z několika zdrojů (BAT)**

Chemikálie	Bentonitová směs	Směs s organickým pojivem (pryskyřice)	Směs s anorganickým pojivem (CT písky)
Ba	35-118	2,4-5,5	n.d.
Cr	1,7-13,5	1,2-7,2	<5
Fe	2950-21000	640-16300	530-1700
Zn	1,5-1450	1,6-49	<10-30,0
Cd	0,03-6,7	0,01-0,03	0,02
Pb	1,6-390	0,4-2,1	1,3
Cu	4,7-5,0	2,7-4,4	<1,5-6,0
Ni	<2,5-20,0	0,3-8,5	2,5-8,3
Mn	76-78	22-79	25-34
As	0,2-2,1	0,2-1,8	<0,5-0,51
Fenol	1,1-29,6	0,1-14	0,03
Celkem PAH	1,0-206,6	0,1-8,8	<1,75

Pozn. PAH – polycyklické aromatické uhlovodíky

Nejčistší z naměřených výsledků vychází směs s anorganickým pojivem. Bentonitová směs (písek + bentonit + voda) je velmi čistá a používání nezpůsobuje žádné problémy s hygienou práce ani druhotným zužitkováním směsi. Problém nastává ve slévárnách litin, kdy se do směsi přidávají uhlikaté přísady na zlepšení povrchu odlitku. Při tepelné destrukci dochází k vývinu některých škodlivých organických látek.

**Bentonitem** se rozumí reziduální, nepřemístěná jílovitá hornina s mohutnou sorpční schopností, vysokou hodnotou výměny kationtů, bobtnáním a plastičností. Tyto vlastnosti má především montmorillonit. Bentonity vznikly mechanickým a chemickým zvětráváním

matečné horniny, především sopečných tufů a tufitů, v menší míře andezitů, ryolitů, čedičů a jiných převážně třetihorních hornin. (Pellant, 2005)

### 2.3.5 Pomocné formovací látky

**Barviva** používáme ke zvýšení žáruvzdornosti forem a jader, k vytvoření redukční atmosféry, na vyspravování spár a otvorů vzniklých sušením. Nejčastěji se používá grafit nebo směs sulfitového louhu a křemičité moučky.

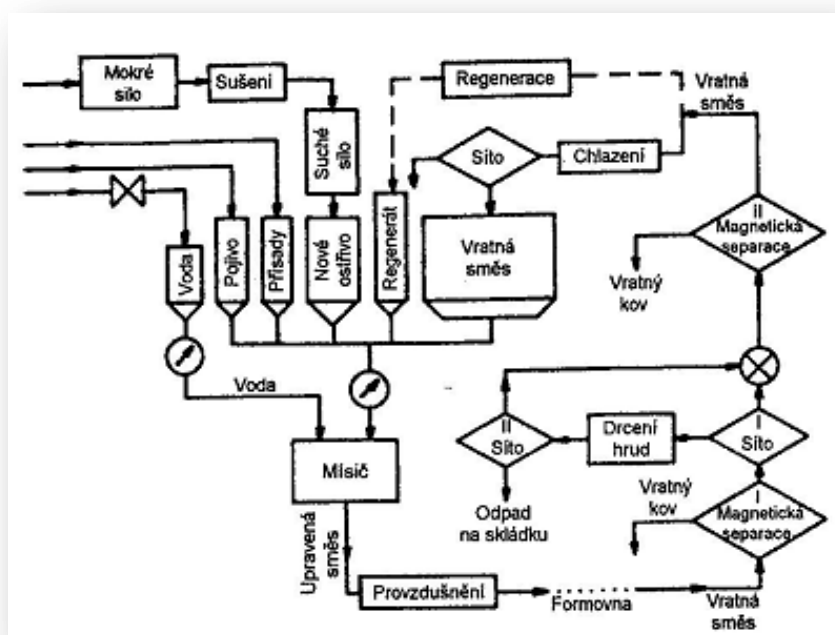
K zabránění nalepování formovacího materiálu na model a na jaderník používáme **slévačský prášek**, nejčastěji uhelný prach, lykopodia. **Dělicím práškem** označujeme dělicí vrstvu, aby se spodek formy nepřilepil k vršku formy. Používá se mletý křemičitý písek a prosetý spálený písek. (Chrást, 1990)

## 2.4 ÚPRAVA FORMOVACÍ SMĚSI

### 2.4.1 Formovací směsi

Smyslem úpravy je zpracování vstupní suroviny na hmotu, která má definované vlastnosti požadované pro výrobu forem a jader. Cesta ostřiva jeho úpravy a regenerace můžeme vidět na **Obrázek 1**. Formovací hmota je tvořena třemi základními složkami, ostřivo, pojivo a přísady.





**Obrázek 1 Schéma úpravy formovací směsi (Chrást, 1990)**

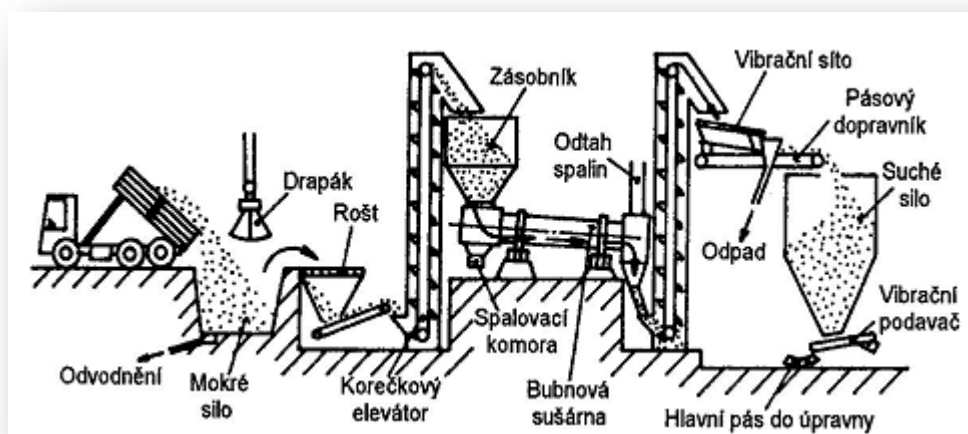
Způsob úpravy formovací směsi závisí na použitém pojivu. Směsi můžeme dělit do dvou skupin. První formovací skupina označovaná jako **vázné** formovací směsí, používá bentonitová pojiva. Odlévání do těchto směsí nasýrovo je v současnosti nejefektivnější, pokrývá 70% produkce odlitků. Předzhuštění se dosahuje vibracemi. Malé procento vody působí jako pojivo po zmrazení na teplotu tekutého dusíku. Zatímco ke zpevnění vazných formovacích směsí stačí zhuštění formy u **nevázné** směsi je tato fáze nutná k vytvoření vazebných můstků mezi zrny, ale není dostačující. Pojivové můstky musí být dodatečně zpevněny dalším pojivem.

Z ekonomických a ekologických podmínek je důležité, aby formovací směs ve výrobě neustále kolovala. Vratná směs z odlitých forem doplněná o zmetkové formy nebo přepad, tvoří základ pro přípravu nové formovací směsi. K tomuto regenerátu se doplňují ztráty během této technologie. Spotřeba nového písku je cca 0,2-1,4t na tunu vyrobených odlitků. (Chrást, 1990)

## 2.4.2 Skladování a úprava nového ostřiva

Zpracováno podle (Chrást, 1990; Forýtek, 1979)

Písky se dovážejí z ložisek v surovém stavu. Vlhkost křemenných písku se pohybuje v rozmezí 6-12% relativní vlhkosti. Písky jsou dodány v netříděném stavu, zrnitost je různá. Úprava písků se skládá ze sušení, chlazení a prosetí. Písky se skladují a upravují v surovinové hale, Obrázek 2. Písek do slévárny je přivážen na vagónech nebo na nákladní automobily. Uskladní se do mokrého sila, které je odvodňováno. Odtud je drapákem přenesen na rošt k odloučení valounů, poté se dopravuje pomocí pásových dopravníků a korečkových elevátorů k sušení. Průchodem sušičkou pokračuje do suchého sila a pásovým systémem do hlavních zásobníků.

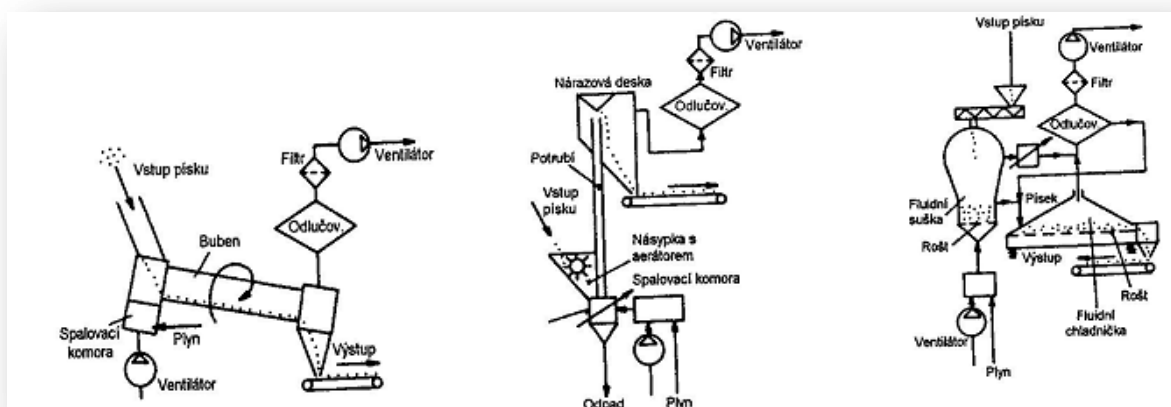


**Obrázek 2 Skladování a úprava nového ostřiva (Chrást, 1990)**

Sušení přirozených písků probíhá za teploty 250 – 300°C, aby se nepřekročila teplota ztráty vazné vody jílového pojiva. Běžnější křemenné písky se suší za vyšších teplot, okolo 800°C. Cílem sušiček je snížit relativní vlhkost na 0,5 – 1%. Sušení písku se může uskutečňovat v **bubnové** sušárně nebo ve **fluidní**, Obrázek 3. Bubnové sušení pracuje na systému otáčejícího se bubnu (2-5 ot/min) nakloněného pod úhlem 3,5°. Přesypávajícím pískem se prohání proud vzduchu a spalin. Nasycený vzduch a spaliny s vodní párou se odsávají ventilátory přes odlučovače prachu a filtry. Bubnové sušárny jsou účinné, spolehlivé a nenáročné na kvalitu písku. Dosahují výkonu 10 t/hod s výstupní teplotou 60°C. Zmenšením zastavěné plochy byla vyvinuta proudová sušička. Pomocí odtahového ventilátoru se do svislého potrubí délky 12 m, průměru 450 mm nasává vzduch a spaliny ze

spalovací komory. Vytváří se nosný proud ostřiva. Těžší částice nejsou vyneseny a propadají do odpadu.

Fluidní sušičky jsou energeticky výhodnější. Intenzivní styk ostřiva s horkými spalinyami ve fluidizované vrstvě zabezpečuje účinné odpaření vlhkosti. Písek se vysuší ve vznosu při fluidizaci. Využívá se prostup vzduchu sytkým materiálem. Ten při jisté rychlosti průtoku nakypřuje materiál tak, že má vlastnosti tekutiny. Fluidizace nastává jen tehdy, pokud je lože suché, proto se vytváří fluidní lože ze suchého materiálu a do něj se přivádí materiál vlhký. Přívodem písku stoupá hladina lože nad roštem a suchý písek přepadává ze sušičky. Písek je dokonale sytký což umožňuje fluidní chlazení. Nové písky se přesévají na rotačních nebo vibračních sítích, které jsou umístěny v horním podlaží úpravny před hlavními zásobníky.

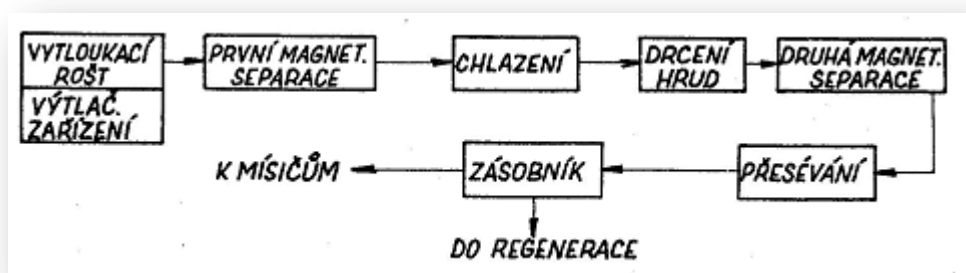


Obrázek 3 Bubnová, proudová a fluidní sušička (Chrást, 2006)

### 2.4.3 Vratné písky

Zpracováno podle (Chrást, 1990; Forýtek, 1979; Jirout, 2004)

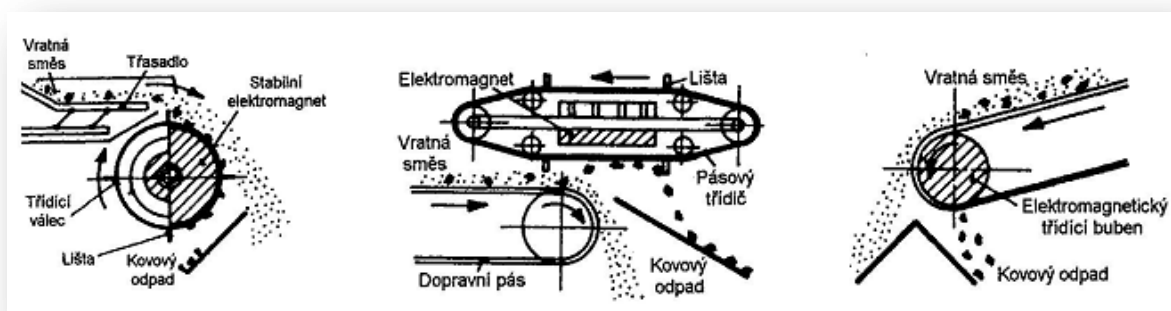
Moderní úprava vratných formovacích materiálů je plně mechanizovaná a v současnosti řešena tak, aby pracující byli co nejméně obtěžováni křemičitým prachem a horkem. Podrobné schéma úpravy vratných písku je zobrazeno na Obrázek 4.



Obrázek 4 Schéma úpravy vratných písků

Při vytloukání forem propadá formovací materiál na dopravní zařízení, které je tvořeno vibračním žlabem nebo článkovým dopravníkem. Dopravníkem je dopraven k *první magnetické separaci*. V některých případech je z důvodu použití pryžových dopravních pásů předloženo před separací chlazení. Magnetická separace může probíhat na magnetických třídících bubnech nebo pásových třídících či na stabilních elektromagnetech,

Obrázek 5

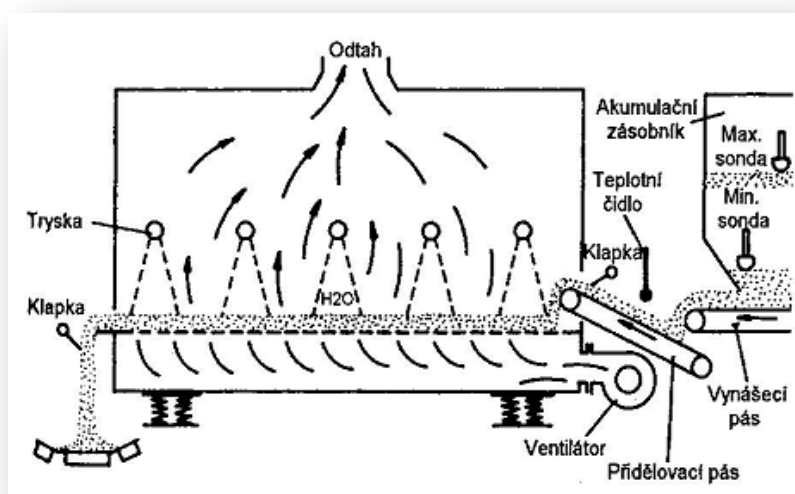


Obrázek 5 Znázornění magnetických odlučovačů (Chrát, 1990)

Problém s *chlazením* směsí vlivem zvyšování výkonu výroby a tím rychlejší koloběh formovacích materiálů na automatických formovacích linkách sebou nese nutnost zavést chlazení materiálů. Při vyšších teplotách se snižují její technologické vlastnosti. Teplota by neměla překročit více než 10°C okolní teploty. Horká vratná směs se lepí na stěny zásobníků, protože se v nich sráží vlhkost. Lepí se na stěny a dno mísiče a způsobuje opotřebení shrnovače. Nejlepším způsobem chlazení můžeme docílit tehdy, je-li zrno písku dostatečně obklopeno proudícím vzduchem a odváděním výparného tepla.

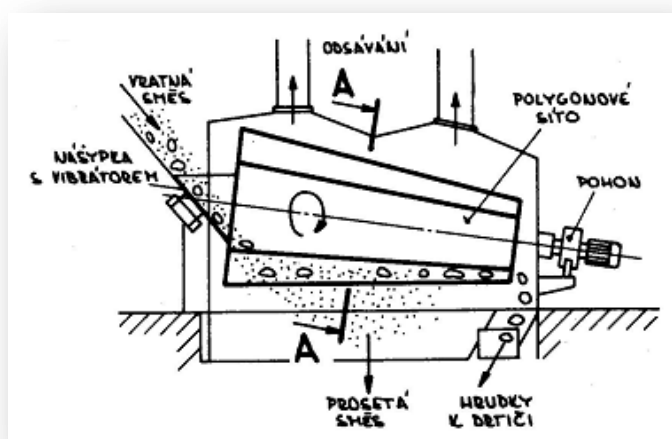
Vybrané metody ochlazování:

- ochlazování písků na dopravních pásech, pokles teploty je poměrně malý vlivem vysoké rychlosti pásů
- ochlazování na vibračních dopravnících je účinnější než na dopravních pásech, protože dochází ke změně polohy zrn
- ochlazování v chladicích věžích, kde písek padá vertikálně přes několik skluzů a vytváří kaskády, které jsou profukovány vzduchem
- ochlazování v rotačních sítích spojuje dvě operace – prosévání a chlazení
- ochlazování v aeračních dochlazovačích, kdy písek padá z výše na tyče rychle rotujícího prohazovacího bubnu
- ochlazování může probíhat v samotném mísiči formovací směsi
- ochlazovací zařízení fluidační využívá k chlazení a nadnášení částeczek chlazeného materiálu vzhledného proudu vzduchu, viz Obrázek 6.



**Obrázek 6 Fluidní chladnička s vibračním žlabem (Chrást, 1990)**

**Rozrušovač hrudek** upravuje hrudky oddělené sítím nebo rozděluje hrudky již upravené směsi. Konečná úprava před dopravou do zásobníku zahrnuje **přesévání** na sítích vibračních nebo rotačních. Rotační polygonová síta viz. Obrázek 7, jsou výkonná, až 140 t/hod. Jedná se o otáčející se komolý jehlan tvořený ze sít, na ně je přiváděn písek. Systém je uzavřený a vybaven odsáváním. Vibrační síta jsou vybavena elektrickým vibrátorem s usměrněnou vibrací.



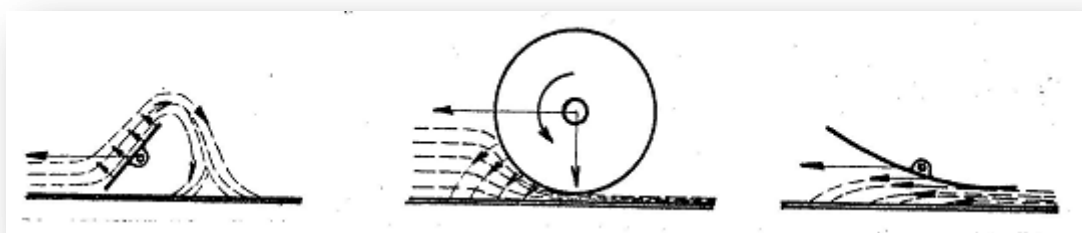
Obrázek 7 Polygonová síta (Chrást, 1990)

#### 2.4.4 Mísíče vazné směsi

Základní složkou vazné směsi je křemenný písek a pojivo bentonit. U přírodního písku je nejčastějším pojivem jíl, ale do směsi se dodávají ještě další přísady. Další složkou přiváděnou do mísíče je voda, která je důležitá, aby mezi zrna vznikly pojivové můstky. Základní a důležitou podmínkou úpravy směsi je rovnoměrné rozdělení pojiva a ostatních přísad a důkladné včlenění vody do pojiva a rovnoměrné rozdělení pojiva na povrchu každého zrna.

Tyto úpravy můžeme rozdělit do tří fází na mísení, hnětení a roztírání, viz Obrázek 8.

- Mísení zahrnuje pracovní pochod, při kterém se pevné nebo tekuté přísady rozdělí rovnoměrně v celé své připravované směsi.
- Hnětení zahrnuje pracovní pochod, při kterém se částičky jednotlivých složek stlačují vzájemnými silami
- Roztírání zahrnuje pracovní pochod, při kterém posuv formovacího materiálu je spojen se současným otáčením jednotlivých částí směsi. Dojde k obalení formovacího materiálu s tenkou vrstvou přísady – pojiva.



Obrázek 8 znázornění mísení, hnětení a roztírání

Výběr vhodného mísiče může být ovlivněn na základě několika podmínek.

Rozdělení mísičů:

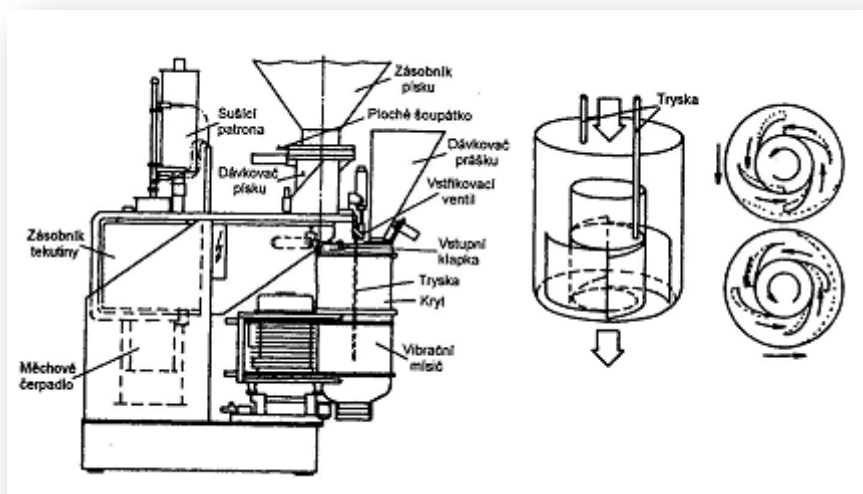


Obrázek 9 Rozdělení mísičů

**Lopatkový mísič** se používá u materiálů, u kterých rozdělení míseného materiálu neklade větší odpor. Tedy o pojiva tekuté a které se snadno nanášejí na zrna písku. Největšího uplatnění nacházejí u jádrařských písků.

**Kolové mísiče** patří k nejstarším a nejvíce používaným mísičům. Pracovní plocha se nachází na dně mísy. Mísou prochází hřídel rotorové hlavy, která na svých vlečných ramenech nese dvě kola. Směs se mísí otáčením rotoru spolu se svými nástroji a kola se odvalují po vrstvě směsi.

**Vibrační mísič** pracuje bez rotujících částí v míse. Vyvolává vibrace přenášené pomocí vibrátoru na závěsu mísy a upravenou směs. Vibrátor má kruhový pohyb s amplitudou několik mm. Uvnitř mísy najdeme 4 rozváděcí lopatky a výstupní trubku. Na modul jsou uchyceny trysky na vstřikování tekutých složek. Na Obrázek 10, je znázorněn princip dávkového vibračního mísiče (Klein SM). (Chrást, 2006)



**Obrázek 10 Dávkový vibrační mísič (Chrást, 1990)**

**Vířivý mísič** zařazujeme do moderní technologie. Zvládá velké výkony, až 120kg. K dalším přednostem patří dobrá kvalita a výkon, úspora pojiva, vysoká pevnost (260kPa). Nový písek je dávkován hmotnostně a pojivo se přidává přes měchové čerpadla. Na hřídeli mísiče jsou umístěny lopatky, jejichž obrys kopíruje plášť a čelní plochy mísiče.

### **Dávkování základních surovin a přísad**

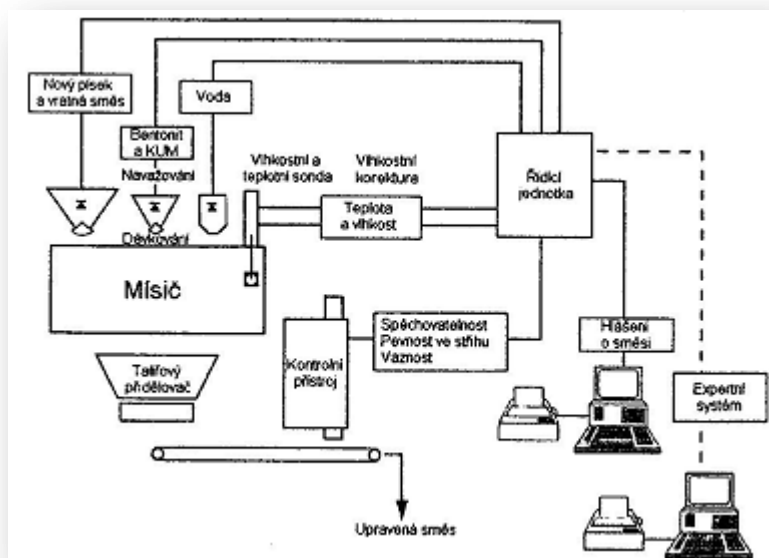
Vlastnosti formovací směsi jsou závislé na jakosti suroviny, přísad, dokonalé úpravě směsi a na přesném dávkování jednotlivých složek, s tím souvisí kvalita odlitků. Elektromechanické váhící systémy s automatickým řízením zaručují přesnost a snižují chybné dávkování. Přesné dávkování podle receptury obstarává počítač a vede výrobu konstantní směsi. Pomocí speciálních měřících přístrojů se měří mísicí vlhkost, teplota a hustota. Procesní řízení kvality s vlhkostní korekturou zobrazuje **Obrázek 11**.

Dávkování můžeme rozdělit:

- objemové dávkování, kdy se pro sypké materiály používá pásový dopravník. Dopravované množství za čas udává požadovaný objem směsi. Objemové dávkování se nehodí pro přesné odměřování formovací směsi nových písků, protože do hmotnosti se započítá i vlhkost směsi.



- hmotnostní dávkování je přesnější, materiál se dopravuje na zásobníkové váhy. K určení množství se používají tenzometrické silové snímače, které vylučují vliv prachu a tepelných dilatací. Napěťový signál slouží k řízení dávkovačů.



**Obrázek 11 Procesní řízení kvality s vlhkostní korekturou (Eirich FK) a vyhodnocováním technologických vlastností v dávce kontrolované na vynášecím pásu**

## Provzdušňovací zařízení

Směs vycházející z vířivého mísiče je dostatečně provzdušněná, již nevyžaduje následnou úpravu. Směs opouštějící kolový a kyvadlový mísič je nutné dále upravit, neboť obsahuje hrudky vzniklé hnětením. Pro rozrušení je nutné hrudky rozrušit, směs nakypřit a provzdušnit. (Chrást, 2006)

### 2.4.5 Nevazné směsí

Úprava za syrova má své specifika. Existují úpravny nevázné jádrové a formovací směsi. Tyto **chemicky vázané** směsi rozdělujeme na vytvrzované zásahem zvenčí (ZZ) a směsi samotvrdnoucí (ST).

ZZ směsi se většinou vyrábí jako jádrové směsi. Jako pojivo se většinou používá umělá pryskyřice různých druhů, vodní sklo, minerální nebo geopolymerní pojivo. Samotné

vytvrzování probíhá za studena (Cold box) profouknutím směsi plynu či mlhou katalyzátoru nebo působením tepla (Hot Box, Warm Box, Croning).

K nejvíce používaných Cold Box (CB) procesům patří:

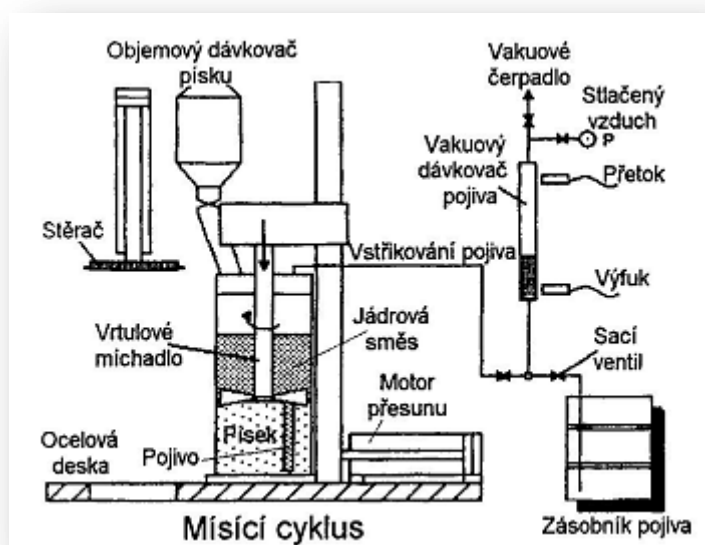
- CB proces Isocure. Ve směsi je 1,4 – 1,7 % polyuretanové pryskyřice, po vstřelení se vytvrzuje mlhou nebo zplynovanými terciálními aminy. V poslední době se používají pryskyřice s menším obsahem fenolu a formaldehydu.
- Betaset směsi používají alkalickou fenolrezolovou pryskyřici a vytvrzuje se metylformiátem
- Směs vytvrzována SO<sub>2</sub> má ostřivo smíseno s peroxidem, furanovou pryskyřicí a vydrží 10 hodin.
- Další směsí je CO<sub>2</sub> proces, kde je pojivo vodní sklo (4 – 5 %) s práškovými přísadami (dextrin, C).

Ekologický tlak vede výrobce pojiv k vývoji minerálních systémů s vytvrzováním na bázi Warm Box. Nejznámější procesy:

- Cordis, využívá anorganický pojivový systém s dehydratačním způsobem vytvrzování pojiva na bázi anorganických solí, především křemičitanů. Na vytvrzování se používá teplo horkého jaderníku nebo horký vzduch.
- AWB (Minelco) a Beach Box (Laempe) používají minerální pojivo. Jádra se vstřelují do teplého jaderníku a dotvrzují v mikrovlnné peci.
- Hydrobond jako pojivo používá polyfosfát sodný a vytvrzuje horkým vzduchem.

Směs pro HB procesy využívá ostřivo, fenolrezolové pryskyřice (2,5 %) a tvrdidla kyseliny.

K nejstarším používaným mísičům patří Lopatkový mísič se svislou osou. Postupem času se vzrůstajícími požadavky na automatizaci výroby jader se proces úpravy přesouvá k jádrovému stroji. Pro tuto výrobu jsou vhodné rychlomísiče, zejména vibrační a vrtulové mísiče a sférické lopatkové mísiče. Všechny typy mísičů jsou vybaveny automatickým dávkováním komponentů.



**Obrázek 12 Mísicí jednotka jádrové CB směsi s vrtulovým mísičem (Laempe)**

Výroba odlitků zaměřena na výrobu odlitků procesem Croning se stále zaměřuje na používání obalování za **studena**. Písek a urychlovač vytvrzování se smísí s pryskyřicí rozpuštěnou v alkoholu. Rozpuštědlo se odstraňuje dmýcháním studeného vzduchu. Po čase se směs začne rozpadat, přidá se stearan vápenatý, který působí jako mazivo. Stearan vápenatý způsobuje tekutost a usnadňuje oddělení skořepiny od modelu. Častěji užívanou metodou je obalování za **horka**. Písek se zahřeje na provozní hodnotu. Pryskyřice se začíná tavit při teplotách 120°C – 150°C. Písek je veden ohřívacím pásem kolem plamene plynového hořáku, rovnoměrně, stálou rychlostí, po celé šíři soustavy naváděcích lopatek. Na kyvadlový míšič je přiveden ohřátý písek a pryskyřice. Během krátké doby se promísí a pryskyřice se vlivem ohřátého písku začne tavit. Zrna písku se rovnoměrně obalí. Nakonec se přidává tvrdidlo (rozpuštěný hexametylentetraamin). Směs je ochlazována rychlým odpařováním. Před vypuštěním se přidává stearan vápenatý, který zvýší tekutost směsi. Směs se vypustí na vibrační síto, případné hrudky se rozdrtí, a obalovaná směs (70°C) se přivede na fluidní lože chladničky. Ochladí se na vhodnou teplotu k uložení ve skladovacím síle.

### **Chemicky vázané samotvrdnoucí směsi**

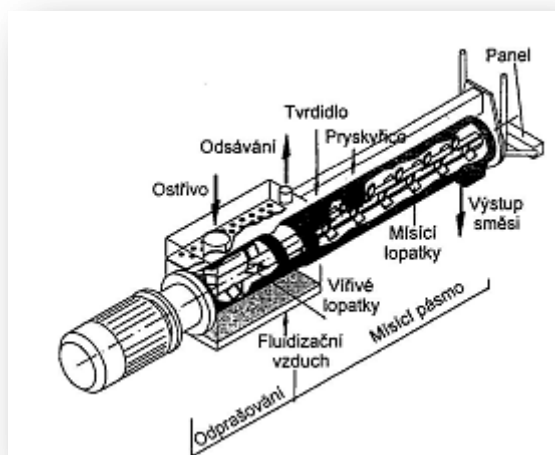
Tvrdnutí u těchto směsí probíhá bez ohřevu. ST směsi se využívají pro výrobu forem, jader, pro malosériovou kusovou výrobu středních a těžkých odlitků v rámech i bezrámově. ST směsi získávají požadované vlastnosti uvnitř pojivové soustavy, bez zásahu zvenčí. Výroba je poměrně rychlá, snadná, přesná a tím snižuje další náklady na čištění.

K nevýhodám však patří vysoká cena pojiva, které je nutné rychle zpracovat. Zejména organické pojiva mají problém s ekologií a hygienou. Rozdělení ST směsí je znázorněno na Tabulka 2, podle Ernst 2001.

**Tabulka 2 Rozdělení samotvrdnoucích směsí**

Samotvrdnucí směsi (ST)	ST směsi anorganické	Vodní sklo - ester	Vodní sklo, tvrdidlo ester
		Vodní sklo - kalciumsilikát	tvrdidlo kalciumsilikát (di - tri kalciumsilikát)
		Geopolymery	Pojivo kapalný geopolymer na bázi Al-SiO <sub>2</sub> tvrdidla - anorganické estery
	ST směsi s umělými pryskyřicemi organické	Furanové ST organický, kyselý proces	Furanová pryskyřice tvrdidlo kyselina paratoluensulfonová (PTS)
		Fenolické ST organický, kyselý proces	Fenolická pryskyřice tvrdidlo PTS
		Rezol - esterové ST organický, zásaditý proces	Alkalická fenolická pryskyřice tvrdidlo ester
		Polyuretanové ST organický neutrální proces	Fenolická pryskyřice, katalyzátor, izokyanát
		Alkydové ST organický neutrální proces	Alkydová pryskyřice, katalyzátor polymerizovaný izokyanát
	Rychle tvrdnucí ST	syst. Gisag Cold Box	Fenolická pryskyřice tvrdidlo PTS
		syst. Fascold	Furanová pryskyřice tvrdidlo PTS
		Polyakryláty	Akrylátová pryskyřice tvrdidlo ester
	Vazné ST	Vodní sklo - bentonit	Vodní sklo, bentonit
		Škrob - bentonit	Škrob, bentonit

Nejčastějším mísicím zařízením pro ST směsi jsou průběžné žlabové mísiče. Například mísicí rameno mísiče se vstupní fluidizační komorou (viz Obrázek 13) pracuje na principu, že při vstupu ostřívo prochází fluidizační komorou pro dodatečné odprašení. Je napojeno na přívod stlačeného vzduchu a odtahu prachu. (Chrást, 2006 )



**Obrázek 13 Rameno mísiče s fluidizační komorou (Chrást, 2006)**

#### 2.4.6 Regenerace vratných formovacích směsí

Zpracováno podle (Chrást, 2006; [www.gut-sro.cz](http://www.gut-sro.cz) )

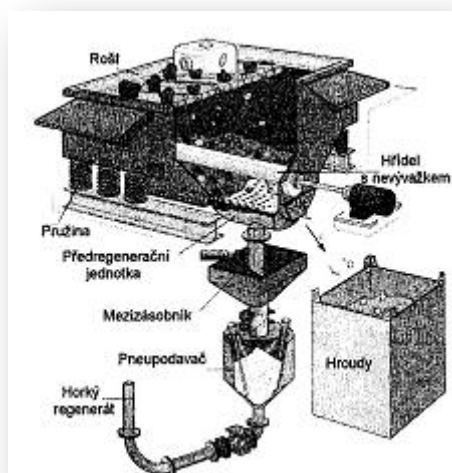
V dnešní pokrokové době se mimo vážných bentonitových směsí používají chemicky vytvrzované hmoty. Používání chemických látek však **zvyšuje množství odpadu** a tím i spotřebu nového ostřiva. Proto je nutné vyvíjet nové metody regenerace a používat nové pojivové systémy. Regenerace je metoda, díky níž se snažíme očistit ostřivo a získat tak písek původního zrnění a čistoty.

Úspěšná regenerace vyžaduje znalost jednotlivých kroků systému používání bentonitové směsi s organickými pryskyřicemi, vodním sklem apod. U více systémové směsi není regenerace reálná. Nejčastěji se používá v oblasti ST směsi s pryskyřicemi a u obalované směsi. Regenerační postupy jsou zobrazeny v Tabulka 3, Tabulka 4.

Kvalita vyčištění směsi se udává stupněm regenerace. Jedná se o procentuální zmenšení množství nežádoucích látek. Posuzuje se hodnocením vlastností ostřiva, nejčastějším způsobem je **ztrátou žiháním**. **Účinnost regenerace** vyjadřuje poměr mezi vstupujícím množstvím materiálu do regenerace (100%) a vystupujícím regenerátem. Při využití dynamické regenerace broušením je ztráta materiálu 5 %, tím pádem účinnost je 95%. Při pneumatické regeneraci dostáváme účinnost 97%. Podíl regenerátu v upravované směsi souvisí s kvalitou regenerátu. 90% podíl znamená, že ve směsi bude 90% regenerátu doplněno 10% nového ostřiva.

Předúprava vratné směsi zahrnuje **1. stupeň regenerace**. Zahrnuje procesy jako drcení vratu, odloučení kovových částic a odprášení. Regenerát se před umístěním do akumulačního sila ochlazuje. Vrací se do oběhu nebo se smíchá s novým ostřivem. Touto mechanickou regenerací vzniká primární regenerát.

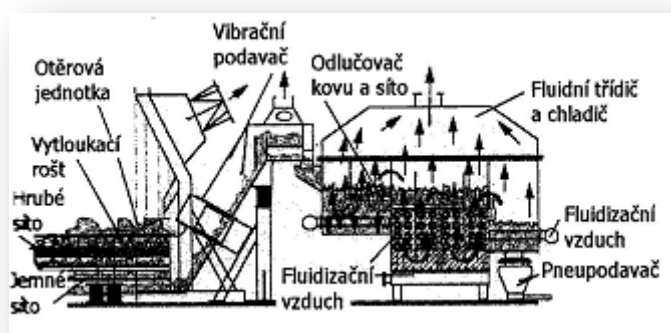
Hlavní výhodou mají bentonitové směsi, které se mohou **několikrát recyklovat** přidáním minimálního množství nového písku. Množství nového písku je určeno vstupem jádrové směsi a ztrátami v procesu. U bezjádrových forem se přidává 2 – 5% nového ostřiva. Nejčastěji se nové ostřivo přidává okolo 10 – 20% hmotnosti odlitého kovu. K drcení vratné ST, ZZ směsi se používají kulové mlýny, odrazové nebo vibrační drtiče. Nejčastěji se instalují multifunkční vytloukací rošty se zabudovanou předregenerační jednotkou. Pracují na principu vibračního drtiče, Obrázek 14.



**Obrázek 14 Předregenerační jednotka vestavěná do vyloukač roštu (IMF);  
(Chrást, 2006)**

Ve **2. stupni regenerace** se zpracovává primární regenerát pro odstranění zbytkového pojiva. Pro sekundární regenerát používáme postupy:

- **dynamická mechanická regenerace** probíhá za sucha. Používá vzájemný otěr zrn např. na fluidním loži, a pro ST směsi nárazů. U ZZ směsí vázaných pryskyřicemi vytvrzené plynem využívá dynamických účinků pneumatické regenerace, broušení nebo otěr. Hodí se na monosystémové, vratné furanové a nevytvrzené jádrové směsi, protože mají křehkou vrstvu pojiva. Patří zde pneumatická regenerace, založena na vzájemném otěru částic nebo úderu. Mechanická regenerace je znázorněna na **Obrázek 15**.
- **tepelná regenerace** se uskutečňuje ve fluidizačním loži. Spalují se organická pojiva.
- **mokrý regenerace**, od této metody se ustupuje. Zahrnuje metodu vzájemného obrušování částic. Používá se výjimečně pro bentonitovou směs a pro směsi s vodním sklem.
- **Kombinované způsoby regenerace**, používá se pro směsi písku s netypickým pojivovým systémem, na které jsou vysoké nároky na kvalitu.



Obrázek 15 Mechanická regenerace s nízkoenergetickou otírkou a integrovaným roštem. (Richards LHD); (Chrást, 2006)

Tabulka 3 Regenerace pro monosystémové vratné směsi

Vratná směs mono systémová	Druhý stupeň regenerace	Regenerační postup	Použití regenerátu	Hraniční podmínky
ST směsi s pryskyřicemi	Mechanická nebo tepelná	<b>Mechanický:</b> tření, úder, pneumatická regenerace <b>Tepelný:</b> turbulentní a fluidizační lože nebo rotační pec	Do úpravy shodné směsi : <b>formovací</b> 100% <b>jádrové</b> 20 – 25 %	<b>Mechanická regenerace</b> musí splnit cílové hodnoty kvality regenerátu. Působením tekutého kovu <b>zkřehne pouze povlak exponovaných zrn.</b>
CB, SO <sub>2</sub> , HB a obalovaná směs	Mechanická nebo tepelná	<b>Mechanický:</b> Pneumatická regenerace, odstředivé tření ,otírka použitím fluidizačního lože <b>Tepelný:</b> turbulentní a fluidizační lože, nebo rotační pec	Do shodné <b>jádrové směsi</b>	<b>Mechanická regenerace</b> musí splnit cílové hodnoty kvality regenerátu. Působením tekutého kovu <b>zkřehne pouze povlak exponovaných zrn.</b>
ST rezol / esterová a CB rezol / MF	Mechanická	<b>Mechanický:</b> tření, úder, pneumatická regenerace	S omezením pro CB rezol / M F jádrové směsi	Pro směsi vytvrzované MF <b>menší výnos</b> jako u ST rezol/ester. Důvod: zkřehnutí komponentů pojiva
Bentonitová směs	Mechanická	např. pneumatická regenerace	Do <b>bentonitové formovací směsi</b>	Vyžaduje <b>předsušení</b>
Směsi s vodním sklem	Mechanická	<b>Mechanický:</b> tření, úder, pneumatická regenerace	Do směsi s vodním sklem	Povlak <b>zkřehne až při 200 °C</b>

Vícesystémové vratné směsi obecně obsahují bentonitovou a chemicky vázanou směs. Vzniká převážně ve slévárnách železa, kde představuje asi 75% celkové produkce odpadního písku.

Tabulka 4 Regenerace vicesystémových vratných směsí

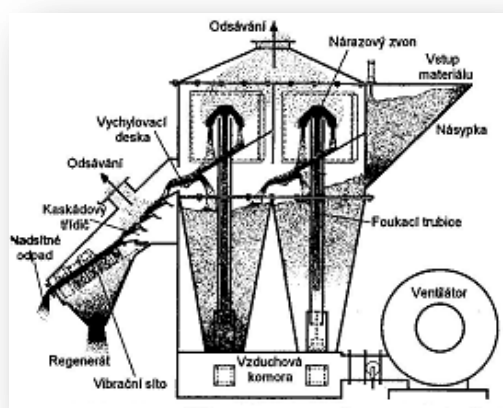
Vratná směs více-systémová	Druhý stupeň regenerace	Regenerační postup	Použití regenerátu	Hraniční podmínky
Organická směs	Mechanická nebo tepelná	<b>Mechanický:</b> Pneumatická regenerace, odstředivé tření, otírka použitím fluidizačního lože <b>Tepelný:</b> turbulentní a fluidizační lože, nebo rotační pec	Do jádrové směsi za nový písek	<b>U mechanické regenerace:</b> Působením tekutého kovu křehne pouze povlak exponovaných zrn. Musí splnit cílové hodnoty kvality regenerátu.  Vyžaduje se recyklace bentonitu
Vratná směs s bentonitem	Mechanická nebo kombinovaná (mechanicko tepelně mechanická)	<b>Mechanický:</b> Pneumatická regenerace, odstředivé tření, otírka použitím fluidizačního lože <b>Tepelný:</b> turbulentní a fluidizační lože, nebo rotační pec	Do jádrové směsi za nový písek  Oživení oběhu bentonitové směsi místo nového písku	<b>Mechanická vyžaduje předsušení.</b>  <b>Před tepelnou regenerací účinná mechanická regenerace a recyklace jemných podílů (bentonitu)</b>

Následně je proces ukončen odprášením a tříděním regenerátu.

V místě uvolňování se formovací směs dělí na bentonitovou, vicesystémovou a jádrovou směs.

#### Pneumatická regenerace:

Povlak ze zrn ostřiva se odstraňuje třením a nárazem. Zrna v trubici jsou rovnoměrně urychlována a naráží na povrch zvonu. V jednotce je odsávání vedoucí k odprášení. Směr a rychlost regenerátu můžeme řídit. Spotřeba energie se pohybuje kolem 45 – 100 kWh/t. Optimálním parametrem pro uspokojivý výsledek by měla být vlhkost pod 1%, prosévání na sítích s průměrem 3mm a odprášení s účinností 99,8%. Jako první na trh přišla s metodou americká firma SIMPSON, Obrázek 16.



Obrázek 16 Pneumatická regenerační jednotka se dvěma buňkami (Simpson – Pro Claim); (Chrást, 2006)

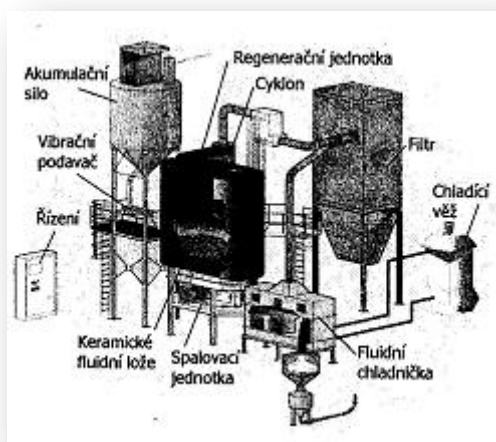


**Brousící regenerační jednotka:**

Používá se pro těžko regenerovatelné směsi, převážně chemických pojiv nespékaných ZZ směsí. Oproti nárazovým nebo vibračním postupům je regenerát kvalitnější. Funguje na principu horizontálně rotujícího brusného kola ve směsi a odstraňuje tvrdou politizovanou vrstvu bentonitu.

**Tepelná regenerace:**

Využívá teplo ke spalování pojiv a znečišťujících látek. Tepelná regenerace je znázorněna na **Obrázek 17**. Navazuje na primární mechanickou regeneraci, aby došlo k rozpadu na velikost zrna a byly odstraněny kovové příměsi. Primární regenerát se ohřívá ve fluidizačním loži při teplotách 700 – 800°C. Organické podíly se zcela spálí. Tato regenerace je energeticky náročná, spotřebuje 150 – 350 kWh/t regenerátu. Tepelná regenerace spotřebovává palivo a produkuje **emise** prachu a znečišťujících plynů ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ). Vystupující plyny musí být spalovány, aby se eliminovalo  $\text{CO}$  a organické látky. Spalování probíhá přívodem doplňkového vzduchu nebo dodatečným plynovým spalováním. Poté jsou emise považovány za nepodstatné.



**Obrázek 17 Tepelná regenerace vratné směsi na bázi umělé pryskyřice (INF)**

Tepelná regenerace furanové směsi tvrzené kyselinou PTS vyžaduje další čištění spalin, dodatečné spalování  $\text{CO}$  a adsorpci  $\text{SO}_2$ . Teplota musí být dodatečně vysoká, aby se zabránilo kondenzaci kyseliny sírové. Vytvrzovadlo  $\text{H}_3\text{PO}_4$  se nevypařuje, ale zůstává na povrchu ve formě soli a vede k akumulaci P po recyklování. To může vyvolat problémy na vadách odlitků.

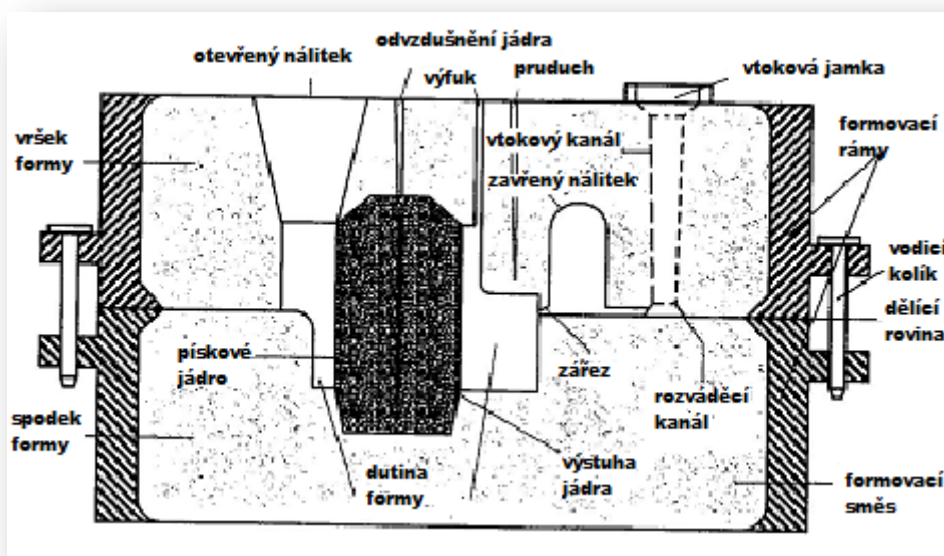
## 2.5 ZAŘÍZENÍ FORMOVEN

### 2.5.1 Formování

Kapitolu jsem zpracoval podle ( BREF, 2005; Lapčík,2008).

Formování představuje výrobu formy, do které bude nalit roztavený kov a slouží k výrobě odlitku. Hovoříme vždy o výrobě netrvalých forem zhotovených ručně nebo strojně. Formy můžeme rozdělit i podle toho, zda se kov odlévá do forem syrových nebo vysušených, pak rozeznáváme formy na lití nasyrovo nebo nasucho.

Pro výrobu odlitků je žádoucí žáruvzdorná nádoba s vnitřní dutinou, která představuje negativ budoucího odlitku. Kromě vlastní dutiny vtokové soustavy pro tekutý materiál musí slévarenská forma obsahovat výfukové kanálky, zabezpečující únik plynů z dutiny. Vnitřní dutiny v odlitcích se vytvářejí pomocí jader. Takové to formy na jedno použití, netrvalé formy znázorňuje Obrázek 18.



**Obrázek 18 Zobrazení netrvalé formy s pískovým jádrem (Stanček, 2006)**

U vyrobených jakostních odlitků potřebujeme vlastnosti formy jako:

- reprodukovat s vysokou rozměrovou přesností tvar modelu odlitku
- vyrobit odlitek s hladkým povrchem, předejdeme následnému opracování
- zabránit vadám jako praskliny, bodliny

Na formovací materiály jsou kladeny nároky jako tvárnost, pevnost, soudržnost, prodyšnost a žáruvzdornost. Nejčastěji se setkáme s písky a hlínami.

### Formy řadíme do dvou skupin:

- jednorázové formy, formy netrválé na jedno použití, jsou vyrobeny speciálně pro každý odlitek a po odlití jsou zničeny. Vyrábějí se z ostříva a jsou pojeny chemicky nebo jílem. Odlitky mohou být vyráběny i bez pojiva, v tomto případě se jedná o přesného lití používající keramických forem.
- Vícenásobné formy, formy trvalé se využívají pro tlakové, kokilové a odstředivé lití. Používáme je převážně při výrobě odlitků z kovů a slitin s nízkou teplotou tavení jako zinku, hliníku, elektronu.

Použitelnost různých typů forem je znázorněno v Tabulka 5.

**Tabulka 5 Použitelnost různých typů forem, převzato z BREF**

	Netrválé formy (jednorázové)				Trvalé formy				
	Formovací metody								
	Bentonitová směs	Skořepinová směs	Fenolická a furanová směs	Polyuretan/izokyanát ST směs a ST směs s vodním sklem	Nízko tlaké lití	Tlakové lití (horké)	Tlakové lití (studené)	Odstředivé lití	Kontinuální lití
<b>Litina</b>									
Litina s lupinkovým grafitem	X	X	X	X	X			X	X
Litina s kuličkovým grafitem	X	X	X	X				X	X
Temperovaná litina	X	O	X	O					
Bílá litina	X	X	X						
<b>Ocel</b>									
Nelegovaná	X	X	X	X				X	
Nízko legovaná	X	X	X	X				X	
Vysoce legovaná	X	X	X	X				X	
Manganová	X	X	X	X				X	
Nerezová a žáruvzdorná	X	X	X	X			O	X	
<b>Slitiny těžkých kovů</b>									
Mosaz	X	X	X	X				X	
Bronz	X	X	X	X				X	
Měď	X	X	X	X	X		X	X	X
Slitiny zinku					O		X	X	
<b>Slitiny lehkých kovů</b>									
Slitiny hliníku	X	X	X	X	X	X	X		X
Slitiny hořčíku	X	O	X	X	X	X	X		
Titan	O	O	X	X	O				
X tuto metodu lze použít O tato metoda je možná, ale ne častá									

### **2.5.2 Formovací zařízení**

Kapitola byla zpracována podle (Stanček, 2006; Grígerová a spol 1988).

Formovny tvoří nejrozsáhlejší soubor sléváren, základním zařízením jsou formovací stroje. Technologie výroby formovací směsi a forem určuje konstrukci strojů a vedlejších zařízení formoven.

Formovací stroje využívají formovací rámy jako jednotkové či v automatických formovacích linkách umožňujících sériovou výrobu nebo jsou součástí bezrámových formovacích linek.

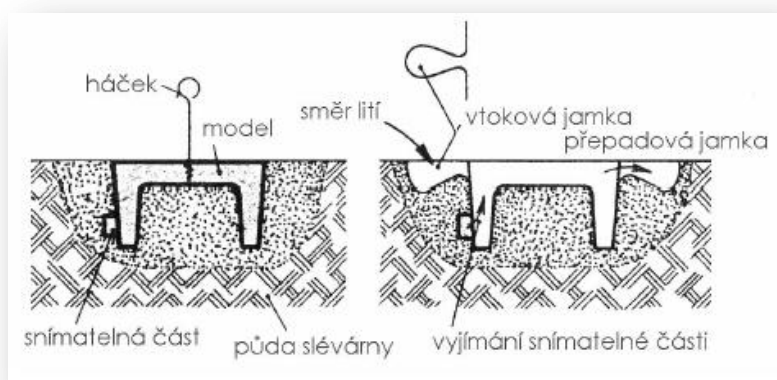
Na výrobu forem a jader používá formíř různých pomůcek jako pýchovačky foremního materiálu. Pýchovačky mohou být dřevěné nebo ocelové, a to ruční nebo pneumatické. Na vlhčení forem využívá různé štětce. K opravám a vyhlazováním používá hladítka, lžičky a lopatky. Dále potřebuje ruční síto, vodováhu, bodec, zrcátko, úhelníky a různé druhy lopat.

### **2.5.3 Ruční výroba forem**

Ruční výroba forem se využívá pro kusovou a malosériovou výrobu odlitků malých rozměrů nebo složitých velkých odlitků, kde by strojová výroba byla neekonomická. Rozdělujeme je na otevřené (v zemi sléváren) a uzavřené (formování v rámech nebo zemi a rámech). (Lapčík, 2008)

#### **2.5.3.1 Otevřené formy**

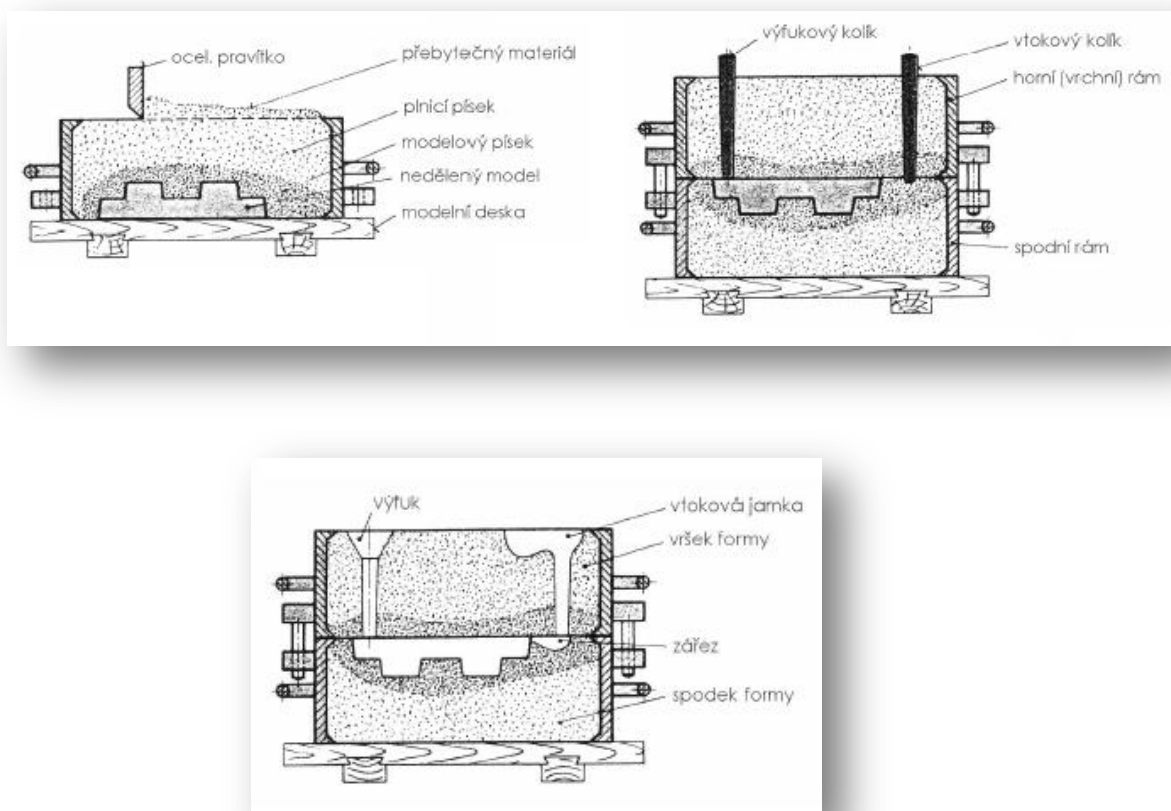
Otevřená forma (Obrázek 19) je většinou zhotovena přímo do půdy slévárny. Používají se převážně pro méně náročné odlitky. Při lití a chladnutí dojde k vyplavení nečistot a strusky na povrch odlitku a vzniká nečistá, bublinatá a nerovná plocha.



Obrázek 19 Otevřená forma (Lapčík, 2008)

### 2.5.3.2 Uzavřené formy

Uzavřené formy (Obrázek 20) jsou používané častěji, zaručují vhodnější odlitek, neboť nemají nevýhody jako otevřené formy. Odlitek je jemnější a pevnější. Formy mají výfuky a vtokové soustavy. (Lapčík, 2008)



Obrázek 20 Postup formování s neděleným modelem

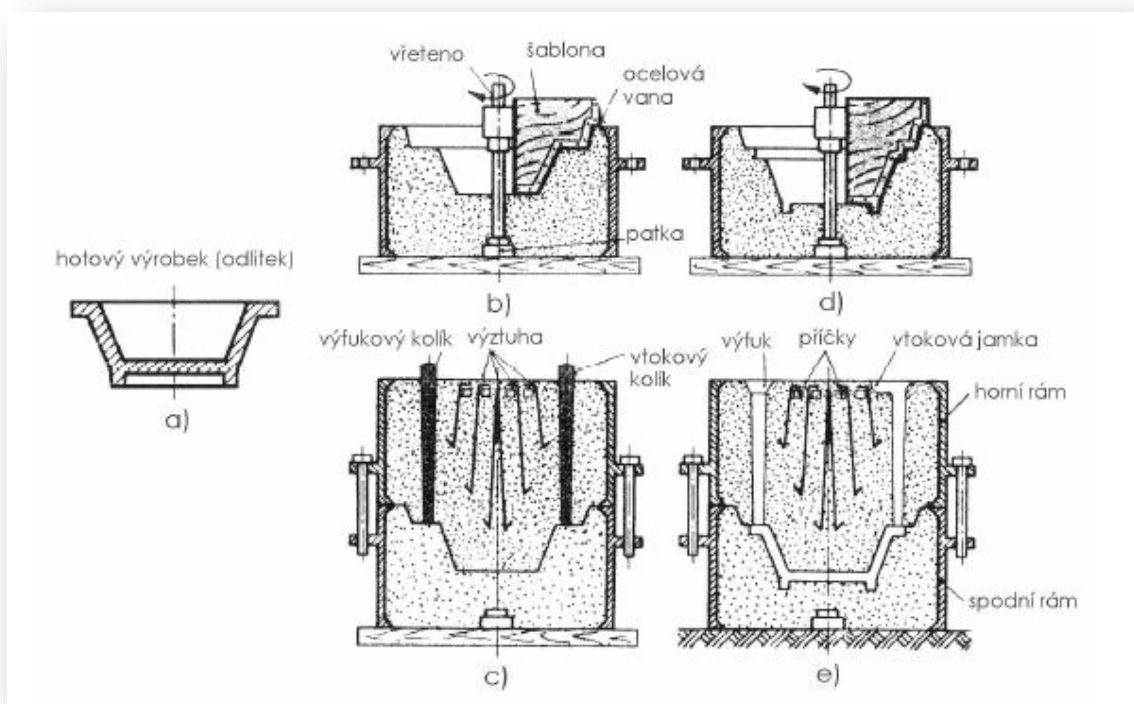
### 2.5.3.3 Formování do země

Používá se k výrobě velkých odlitků (generátorů, turbín). Spodní část je zaformována do půdy slévárny, vršek formy zhotovíme do formovacího rámu. (Lapčík, 2008)

### 2.5.3.4 Šablonování

Odlitky vyrobené formováním dosahují nejnižší přesnosti. Jedná se o nejnáročnější a nejpracnější způsob formování. Odlitky jsou jednoduché, většinou rotačního tvaru, velkých rozměrů a hmotností. Patří k malosériové výrobě (roury, zvony, nádoby). Podle dráhy šablony rozdělujeme šablonování posuvné nebo rotační. (Vilčko, 1987)

Princip výroby je zřejmý z Obrázek 21 (Lapčík, 2008)



Obrázek 21 Formování rotační šablonou

### 2.5.4 Formování strojní

Nevýhody ručního formování vyvíjely tlak na racionální výrobu forem, která vedla ke strojní výrobě. Výhodou je vyšší produktivita práce, lepší a přesnější odlitky. Došlo k zmechanizování přechování materiálu a vyjímání modelů z forem. Je mnoho konstrukcí strojů, které se od sebe liší hlavně způsobem zhušťování materiálu a vyjímáním modelu z formy. (Lapčík, 2008)

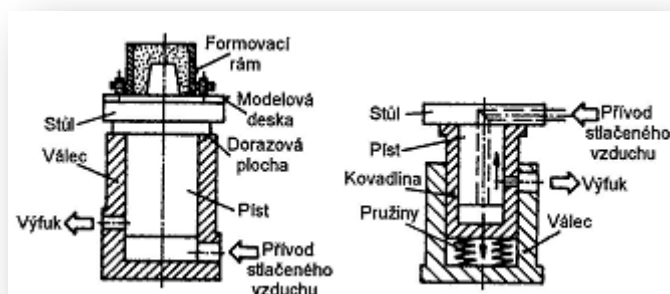
#### 2.5.4.1 Stroje pro formování bentonitové směsi v rámech

Zpracováno podle (Chrást, 2006)

Při jednostupňovém formování se ke zhutňování směsi využívá střásání a lisování nebo jejich kombinace.

##### Střásání forem

V minulosti používaná pro střední a velké formy do 50t. Hlavní nevýhodou je přenášení rázu do základu a hluchnost. (115dB). Stroje se opatřovaly tlumením a vzduch unikající výfukem se vyváděl mimo pracoviště. Princip je takový, že se na modelovou desku nasadí formovací rám a do vzniklého prostoru se nasype formovací směs. Rám je zajištěn vodícími kolíky. Modelová deska se zvedá s rámem, přivedením stlačeného vzduchu pod píst přímočarého motoru. Poté dosáhne hrana pístu výfukového otvoru a padá volně na podklad, dochází k střásání působením setrvačné síly. Zdvihy se několikrát opakují až do okamžiku kdy je směs přivedena do elastického stavu a nemůže zpětně pružit. Střásací stroj je zobrazen na Obrázek 22.

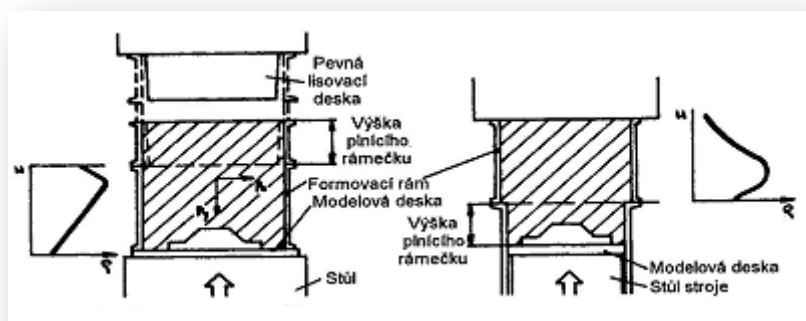


Obrázek 22 Střásací stroj bez tlumení a s tlumením rázu vpravo

Podle způsobu snímání formy z modelu rozlišujeme střešací stroje zdvižné, s otočným stolem a překlopným stojanem.

### Lisování forem

Lisovací formy byly známy již před střešacími. První lisovací hlava byla patentována roku 1889. Lisovací stroj není tak hlučný. Zhutňování materiálu probíhá působením na materiál silou. Lisování může být horní nebo spodní. Rozdíl může vidět na Obrázek 23.

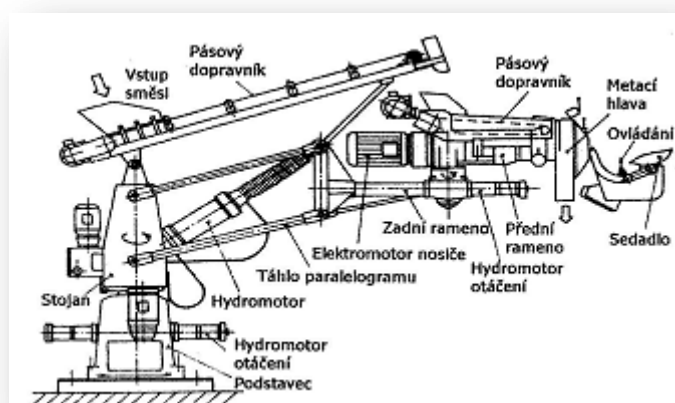


Obrázek 23 Horní a spodní lisování

#### 2.5.4.2 Metací stroje (pískomety)

Využívají se pro metání výplňové směsi do velkých formovacích rámců. Na modely se používá ST směs, která je nanášena v první poloze linky pomocí průběžného mísiče. Formovací směs je metaná rychlostí až 50 m/s, výkonem 5 - 40 m<sup>3</sup>/hod a kinetickou energií se zhušťuje. Požadovaná rychlost je udělena lopatkami oběžného kola pískometu, ke kterému je přiváděna dopravníky. Pohyb metací hlavy ovládá program nebo obsluha a je dosaženo rovnoměrného zahuštění formovacího rámu. Pískometů (Obrázek 24) se využívá při kusové, malosériové výrobě, velkých či středních forem. Nevýhodou je zvýšené opotřebení modelů. (Stanček, 2006)





Obrázek 24 Stabilní pískomet (BMD) převzato Chrást 2006

#### 2.5.4.3 Trvalé formy (kokily)

Pod tímto pojmem se označuje lití slitin lehkých kovů, zinku, olova, cínu, mědi do forem z šedé litiny, oceli, bronzu nebo grafitu. Kokily mohou být využity mnohonásobně, tím odpadají náklady na další výrobu formy. Odlitky mají velmi přesné rozměry, povrch je hladký a nepotřebuje přídavky na opracování. Další výhodou je, že materiál v kokile rychle chladne, ztuhne a vytváří jemnou strukturu a výborné mechanické vlastnosti. Vnitřní stěny kokily se natírají nátěrem dvojího typu (isolační, chladicí). Plnění kokily musí být plynulé bez přerušování. Životnost kokil je dáno druhem a velikostí odlitku a na způsobu lití. Oliverius v publikaci slévání neželezných kovů uvádí, že kokily pro mosazné odlitky o váze 500g vydrží 40 000 až 50 000 lití, nejméně 4 000 až 6 000. (Oliverius, 1954)

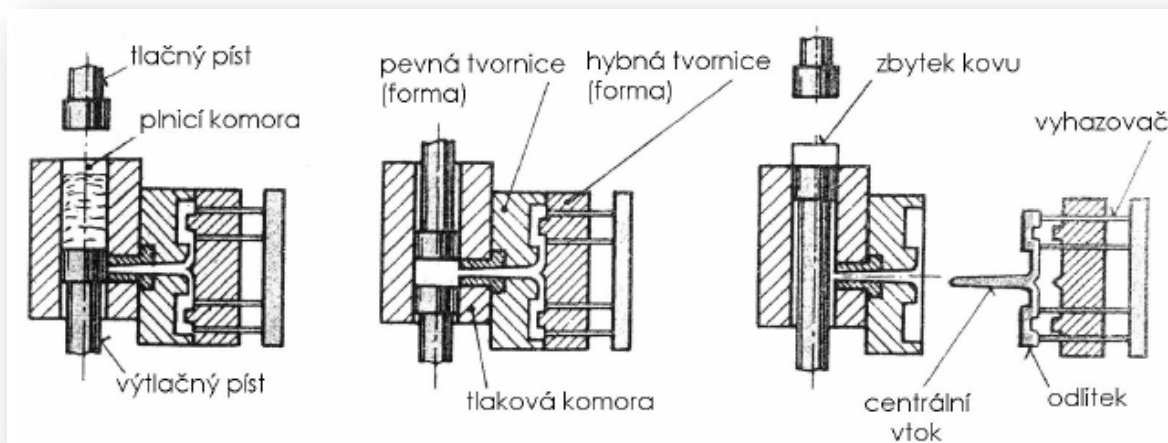
## 2.6 Zvláštní způsoby lití

### 2.6.1 Lití pod tlakem

Tento způsob se velmi často používá, protože dokážeme vyrobit odlitky velmi čisté, přesné, které vyžadují minimum obrábění. Princip je založen na vstřiku roztaveného kovu v polotekutém stavu pod vysokým tlakem (10 – 100 MPa) do přesné kovové formy. Vlivem vysokého tlaku kov vyplní celou formu. Ta se poté otevře a hotový, velmi rychle

chladný odlitek se vyjme. Rozeznáváme stroje s teplou a studenou tlakovou komorou. Metoda je vhodná pro sériové hromadné výroby tenkostěnných odlitků. (Oliverius, 1954)

Princip lití je znázorněn na Obrázek 25. Hospodárné lití je již od 1000 kusů odlitků. Životnost forem je asi 5000 odlitků i déle (50 000 – 100 000 kusů). (Lapčík, 2008)



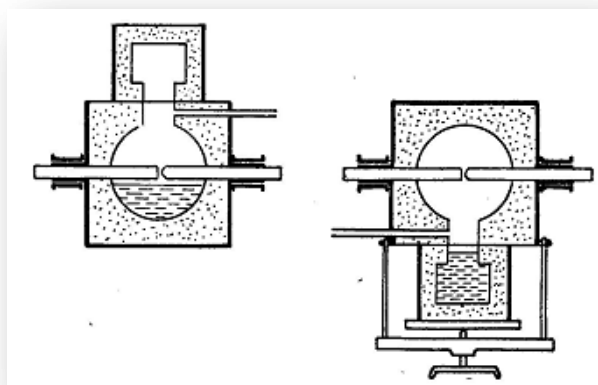
**Obrázek 25 Princip tlakového lití (a- plnění tlakové komory, b- vtlačování kovu do formy, c- vyhazování odlitku) (Lapčík, 2008)**

### 2.6.2 Odstředivé lití

Roztavený kov se nalije do válcové kokily, která se otáčí kolem své osy. Vlivem odstředivé síly se po celém vnitřním obvodu rozdělí kov a rychle ztuhne v podobě dutého válce. Slitina má hutnou strukturu a jemné zrna. Tento způsob výroby snižuje výrobní náklady a spotřebu kovu. Nevýhodou je nemožnost odlévat neválcové odlitky. (Kořený, 1971)

### 2.6.3 Sklopné lití

Podstata spočívá v připevnění rámu s formou na malou tavící pec, kde je přesné množství potřebného kovu. Poté se pec s roztaveným kovem překlápí o 180°, roztavený kov se překlápí do formy. Ke zlepšení vlastností se nad kov přivádí stlačený vzduch. Předností sklopného lití (Obrázek 26) je možnost odlévat i složité odlitky, frézy, šroubovitě vrtáky apod. (Oliverius, 1954)



**Obrázek 26 Elektrická oblouková pírka pro sklopné lití**

#### **2.6.4 Lití metodou vytavitelných a spalitelných modelů**

Zpracováno podle (Lapčík, 2008; Jain, 2003)

Rostoucí požadavky na kvalitu a přesnost odlitků, bez nutnosti dalšího obrábění vedlo k zavedení přesného lití.

Výrobní proces je tvořen těmito operacemi (viz **příloha č. 3**):

- Zhotovení kovového matečného modelu, je výchozím prvkem pro zhotovení forem. Vyrábíme je především z nízkotavitelných slitin.
- Výroba modelů z vytavitelných materiálů, používáme voskových směsí, termoplastických hmot a kovů z nízkotavitelné slitiny nebo zmrzlou rtuť.
- Výroba keramických forem. Model i s vtokovou soustavou namočíme do obalové kaše s etylsilikátem a vytvoříme keramický obal. Namáčíme a vysušujeme až do doby, kdy dosáhneme požadované tloušťky. Poté vytavujeme modely z forem v elektrických sušárnách, nebo horkou vodou. Skořepinu vložíme do formovacích rámců, a prostor vyplníme křemičitým pískem pomocí střásacího stroje. Formu zpevníme v tunelových pecích teplotou 900 – 1050°C.
- Odlévání a úprava odlitků. Odléváme ihned po vyjmutí z vypalovací pece. Odlévání může být stacionární, odstředivé nebo sklopné. Po vytlučení z forem odstraníme vtoky a odlitky očistíme oprýskáním nebo chemicky loužením v alkalickém louhu.

### 2.6.5 Lití do skořepinových forem

Skořepinové stroje se používají v sériové výrobě přesných odlitků menší velikosti. Na výrobu forem se používá křemenný písek s přísadou 5 – 10% syntetické pryskyřice nebo CT písky. Podstata spočívá, že se vyhřívaná kovová modelová deska (250 - 280°C) postříká parafínem nebo emulzí proti přilepení směsi. Upravenou desku připevníme na zásobník písku a celé zařízení překllopíme o 180°. Pryskyřice roztaje, obalí zrnka písku a vytvoří na povrchu modelu tenkou vrstvu čili skořepinu (3 – 4 mm). Modelovou desku se skořepinou sejmem a vložíme do pece, kde dojde při 300°C k polymerizaci. Skořepina nabude velké tvrdosti. Poté vyjmem z pece vložíme jádra a obě poloviny skořepiny složíme. Spojují se podle vyformovaných čípků, lepením, sešroubováním nebo sepnutím. Forma se vloží do rámu a obsype litinovým nebo křemenným pískem. (Stanček, 2006)

## 2.7 Zařízení k čištění povrchu odlitků

Po vyjmutí odlitků z formy je nutné provést dokončovací operace. Z hlediska **spotřebované energie** dochází v tomto cyklu ke značné spotřebě. Největší energetické nároky jsou v tavně. Rozebereme-li dobu nutnou pro výrobu odlitků (tavení, úpravu kovu, odlévání, chladnutí, žhání, kontrola), největší časová náročnost je v čistírně. (Chrást, 2006)

Mezi čistírenské operace na odlitcích patří:

- Čištění odlitků od písku a povrchových vrstev
- Oddělování vtoků a nálitků
- Apretura, odstranění přebytečného kovu.

### 2.7.1 Zařízení k čištění odlitků

Zpracováno podle (Vilčko, 1987 ).

Používá se k odstranění materiálu a nežádoucích povlaků z povrchu vzniklých při lití nebo při tepelném zpracování. Patří zde:

**Omílání v rotačním bubnu**

Pro čištění drobných odlitků z temperované litiny, pro dosažení nejkvalitnějšího hladkého povrchu. Podstatou je vzájemné narážení odlitků o sebe, pro zlepšení efektu se přidávají hvězdice z bílé litiny nebo brusná tělíska na bázi oxidu hlinitého. Doba čištění dávky 500kg je 30 – 60 min.

### Kluzné broušení

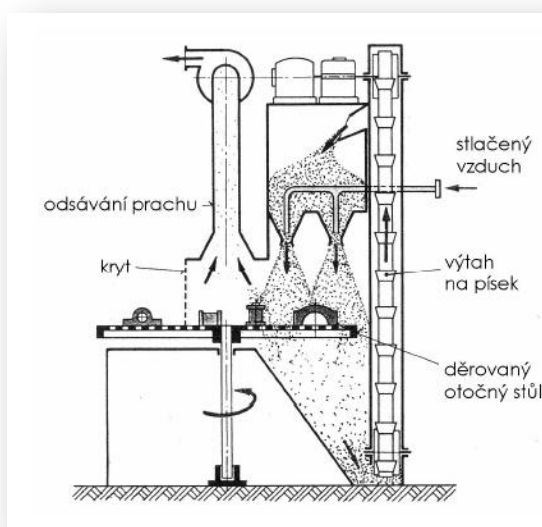
Chemicko-mechanické obrábění povrchu odlitků. Brusná tělíska se s odlitky uvedou do vzájemného relativního pohybu a voda s keramickou směsí řídí požadované opracování povrchu.

### Chemické čištění

Dokonalé odstranění zbytků formovacích materiálů pomocí taveniny hydroxidu sodného.

### Tryskání

Nejužívanější technologií. Zrnitý materiál je vrhán velkou rychlostí (50 – 80 m/s) na odlitek. Kinetická energie odráží připečený materiál. Tryskání (Obrázek 27) se skládá z několika činností. První fází je samotné tryskání, druhou fází je vratná doprava. Při vratné dopravě je znečištěný tryskací prostředek ze spodní části veden dopravníkem na síto, kde dojde k oddělení hrubších částic. Podsítné částice jdou korečkovým elevátorem do separátoru. V třetí fázi je separace, ze směsi se oddělí použitelný tryskací prostředek. Tryskacím prostředkem může být materiál minerální nebo kovový různých tvarů zrn (kulatý, hranatý, válcovitý, drť).



Obrázek 27 Stolový tryskač (Lapčík 2008)

### 2.7.2 Zařízení pro oddělování vtoků a nálitků

Závisí na druhu materiálu. U šedé litiny a litiny určené k temperování stačí **ulamování nebo urážení**. Provádí se kladivem ručně nebo hydraulickým klínem. Pro odlitky z oceli je nejběžnější používání **plamene**. V místě řezu je zahřátý kov vystaven proudu kyslíku, v němž shoří. Používá se kyslíkoacetylenový plamen. Obtížně vytavitelné odlitky uřezáváme **plazmou**. Řez je velmi hladký, čistý a 10krát rychlejší než u acetylenokyslíku. Mechanické uřezávání odděluje vtoky a nálitky na pilách nebo brusných kotoučích.

### 2.7.3 Zařízení pro apreturu odlitků

Používají se pro úpravu odlitků k odstranění zbytků po vtocích, nálitcích, zatekliny v dělicí rovině, vyboulení, spečeniny. Pneumatický sekáč je výkonný, nenáročný a levný. Stroje na broušení odlitků umožňují řezné rychlosti až na 100 m/s. Kotouče se zhotovují z korundu nebo z karborundu, mají různou tvrdost a zrnitost. (Zukal, 1979)

## 2.8 Tavníky

Výběr tavní pece je důležitým hlediskem ke stanovení slévárenského procesu. Slévárenské tavní a udržovací pece můžeme rozdělit podle různých hledisek. Dále uvádím pouze nejčastěji používané tavní pece a jejich základní principy.

Podle druhu tavní energie:

- Palivové
  - na tuhá paliva (kuplovny, kelímkové pece)
  - na plynná paliva (kelímkové, rotační a nístějové)
  - na kapalná paliva (kelímkové a nístějové)
- elektrické
  - indukční kelímková a kanálková (nízko a středofrekvenční)
  - oblouková
  - odporová

Typu pece odpovídá způsob druhování, zavážení vsázky a úprava taveniny. Použití pece záleží na kovu, který chceme natavit (Tabulka 6). Kovová vsázka se skládá z vratného materiálu, ocelového nebo litinového odpadu, surového železa, legujících prvků jako feroslitiny nebo čisté kovy (Cu, Cr). Během tavení některé prvky v litině oxidují a ztrácejí se ve strusce, proto je nutné na konci tavení provést korekci složení. Přidávají se legující prvky. (Chrást, 2006)

**Tabulka 6 Použití slévárenských tavících a udržovacích pecí.**

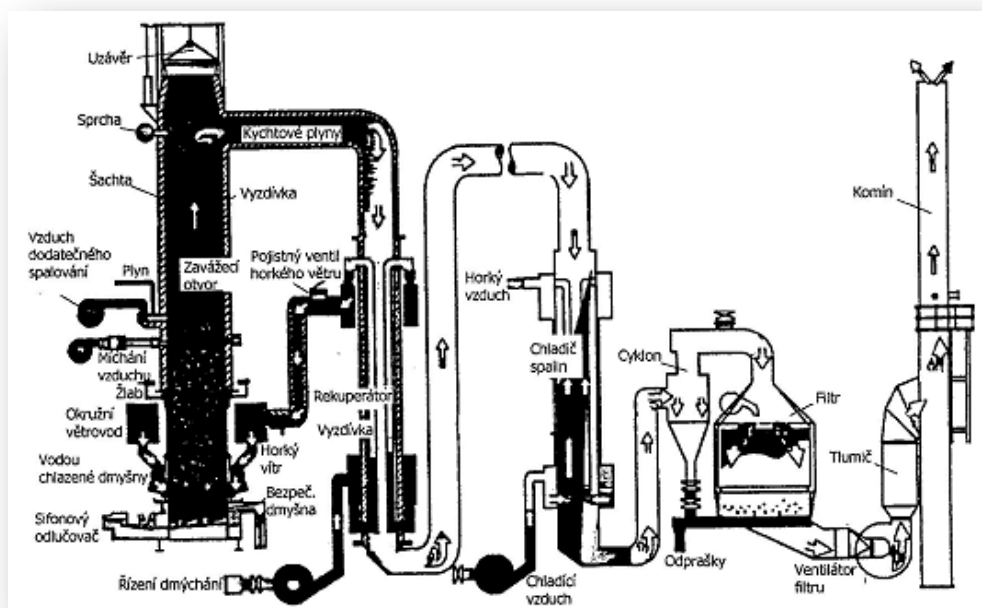
Pec	Kuplovna	Elektrická oblouková	Indukční pec		Rotační plynová	Plamenná plynová	Šachtová	Kelímková odporová a plynová
Silitina			kanálková	kelímková				
Litina	tavení	tavení*	udržování	tavení/udržování	tavení			udržování
Ocel		tavení		tavení				udržování
Al				tavení	tavení	tavení	tavení	udržování
Mg								tavení/udržování
Cu				tavení/udržování		tavení		tavení/udržování
Pb				tavení/udržování				tavení/udržování
Zn				tavení/udržování				tavení/udržování
* méně obvyklé								

### 2.8.1 Kuplovný

Rozhodující tavící zařízení pro výrobu litin. Ve vývoji se projevují prvky technické a ekonomické optimalizace konstrukce a tavícího procesu. Další roli má také snižování tuhých a plynných emisí. Kuplovna je šachtová pec se žáruvzdornou vyzdívkou. Ve spodní části šachty (nístěji) se spaluje koks a ohřívá kovovou vsázku. Do nístěje je pomocí regulovaných dmyšů vháněn spalovací vzduch (vitr). Vsázka se do kuplovny přidává přes sázeční otvor. Spalovací plyny proudí z nístěje vzhůru přes vsázku a opouštějí pec komínem. Jakmile vsázka dosáhne spalovací pásmy, kovové kusy se začnou tavit a vsázkový koks začíná hořet za přítomnosti kyslíku. Roztavený kov protéká koksovým ložem a shromažďuje se pod spalovacím pásmem v nístěji. Nečistoty se zachycují ve strusce, která vlivem nižší hustoty plave na tavenině. Po dosažení určité hladiny tekutým kovem se otevře odpichový otvor. Výpusť strusky je umístěna nad odpichem kovů, poté se granuluje ve vodním proudu nebo ve speciálním zařízení pro suchou granulaci.

K základním jednotkám kuplovný patří zdroj foukaného větru, granulace strusky, zařízení k čištění kouřových plynů, vodní hospodářství, kontrolní a řídicí systém.

Kuplovný známe studenovětrné, vodou chlazené nebo horkovětrné (Obrázek 28) kuplovný. Nevýhodou studenovětrné kuplovný je spousta **odpadů**, prachu, strusky, použité vyzdívky. Zařízení vyžaduje výstavbu zařízení pro odprášení horkých spalin, aby došlo ke snížení emisí CO. Horkovětrný provoz **snižuje** spotřebu koksu, zvýšení rychlosti tavení, oxidační atmosféra nevyžaduje dodatečné spalování. Vzniká méně prachu (0,8 kg/t kovové vsázky). Nedochází k uvolnění CO nebo SO<sub>2</sub>. Nižší jsou emise CO<sub>2</sub> (120kg/t kovové vsázky). Spaliny je nutné zachytávat, chladit a odprášit. Nízké limity plynných a tuhých emisí vyžadují používat výkonné odlučovače tuhých ZL (Mokré, suché odlučovače) a dodatečné spalovací komory. Specifickým typem je bezkoksová kuplovna, kde se vsázka taví pomocí spalování zemního plynu. (Chrát, 2006)



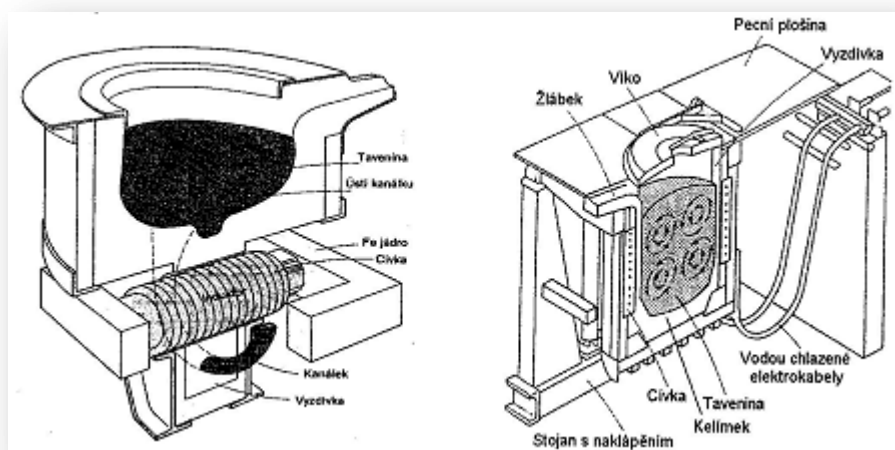
Obrázek 28 Horkovětrná kuplovna s dlouhou kampaní vybavená rekuperátorem, dopalováním CO a odtahem spalin přes chladič do suchého odprašovacího zařízení (chladič, cyklon, filtr)



### 2.8.2 Elektrické indukční pece

Založena na průchodu elektrického proudu cívkou a vytvoření silného magnetického pole. Působením magnetického pole vzniká napětí a elektrický proud v kovu. Odpor kovu produkuje teplo, které taví kov. Proces je plně automatizován, řízen počítačem. Indukční pece známe kanálkové napájené proudem nízké frekvence 50Hz nebo kelímkové napájené střídavým proudem o různé frekvenci (Obrázek 29). (Metals handbook, 1986)

Indukční pece se užívají ve větší míře pro jejich výhody. Pružnost při změně slitin, režimu tavení a nízké zatížení ŽP. Indukční ohřev tekutého kovu způsobuje míchací efekt, čímž nižší frekvence tím je intenzivnější míchání. V průběžném provozu se specifická spotřeba středofrekvenční indukční pece pohybuje mezi 550 – 600kWh/t. (Němec, 2008)



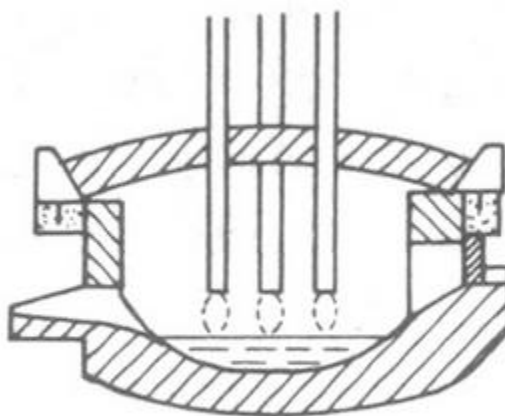
Obrázek 29 Indukční pec kanálková a kelímková

### 2.8.3 Rotační plynová pec

Používané mnoho let ve slévárnách neželezných kovů. Relativně nízké tavící teploty zajišťuje olejový hořák. Rotační pec je složena z horizontální válcové nádoby, ve které se ohřívá kovová vsázka oxidačním hořákem. Kouřové plyny jsou vyvedeny z pece na protější straně hořáků. Potřebné teplo se generuje zemním plynem s čistým kyslíkem. Pec je opatřena naklápěcím mechanismem pro lepší manipulaci. Při ohřevu se pec pomalu otáčí a dovoluje tak přenos a rozvod tepla. Životnost vyzdívky závisí na teplotě tavení, uvádí se okolo 100 – 300 tavících cyklů. (Chrást, 2006)

#### 2.8.4 Elektrická oblouková pec (EOP)

Tento typ pecí (Obrázek 30) se využívá výhradně pro tavení oceli. Při výrobě litiny by vyžadoval proces nauhličení tavby. Pece mohou být provozovány přerušovaně a zajišťují taveninu s vysokou teplotou. Spotřeba EOP se pohybuje 460 – 800 kWh/t taveniny. Tavba trvá 1 – 4 hodiny. Princip tavby spočívá v přenosu tepla z obloukového výboje, který vzniká termoelektrickou emisí elektrod do vsázky pece v místě vzájemného dotyku elektrod nebo v místě dotyku elektrod se vsázkou, která se vlivem silného protékajícího proudu roztaví. Obloukové pece se používají v provedení s přímým obloukem a nevodivou nístějí a třemi elektrodami. Typický vanový tvar o průměru 2 – 4 m. je vyzděn žáruvzdorným materiálem a vede tak k příznivým reakcím mezi kovem a struskou. Pec je přiklopena žáruvzdorným víkem s grafitovými elektrodami. Pec se odpichuje naklápěním, tavenina vytéká přes žlab. Vyzdívka pece může být kyselá (Si-Al) pro tavení odpadů s nízkým obsahem S, P (snižuje se použitím Ca) nebo zásaditá vyzdívka, která dovoluje použití všech ocelových odpadů (MgO). Elektrody se časem spotřebovávají (3 – 10 kg/t) vlivem oxidace, těkavostí nebo ulomením. Na 1 t ocelových odlitků se spotřebuje 1,5 – 2t kovové vsázky. (Chrást, 2006)



**Obrázek 30 Elektrická oblouková pec**

([http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyroba\\_zeleza.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyroba_zeleza.html))

Na EOP navazuje systém odsávání a vodního chlazení, Provoz vyžaduje zachycení spalin, jejich ochlazení a odprášení použitím textilního filtru. Odpady tavby obsahují prach (TZL), lze ho recyklovat v EOP a strusku.

## 2.9 Možné vlivy na ŽP

Zpracováno podle (Chrást, 2006; BREF, 2005).

Slévárny mají přední postavení v recyklaci kovů. Pro svou výrobu nových výrobků, používají jen malou část surového železa. Spoléhají se na ocelový, litinový a hliníkový šrot, který přetavují a produkují zpět do životního cyklu. Možné negativní účinky na ŽP, spojené s činností sléváren, souvisejí v největší míře s přítomností tepelných procesů a s používáním minerálních přísad. Dopady jsou v mnoha případech spojeny s vývinem odpadních plynů, spalin a s nakládáním s minerálními odpady.

### Ovzduší

Emise z tavení a úpravy kovů jsou vztaženy k užívaným přísadám a palivům. Jako paliva nejčastěji myslíme koks, plyn či olejové hořáky. Také přísady pro úpravu taveniny mohou uvolnit nežádoucí látky. Hlavním problémem je prach, vznikající v mnoha procesech výroby jako tavení kovu, formování, odlévání a při dokončovacích úpravách. Vznikají prachy o různém složení, obsahující kov a oxidy kovu. Při broušení vznikají piliny nebo okuje. Prach a uvolněné částice tzn. tuhé **znečišťující látky (TZL)** jsou hlavním problémem slévárenství. Na výrobu forem a jader se používají organické a anorganické pojiva. Během úpravy směsi a při lití uvolňují formy a jádra plynné emise.

Ve slévárenství nejsou unikající emise omezeny pouze na jeden nebo několik fixních míst. Proces má různé zdroje emisí (z horkých odlitků, formovací směsi, horkého kovu). Klíčový problém se snížením emisí není pouze v úpravě toku odtahového plynu, ale také v tom, jak jej zachytit.

### Odpady

Formování do písku zahrnuje velké objemové využití této směsi. Poměr hmotnosti formovací směsi k hmotnosti tekutého kovu je v rozsahu od 1:1 do 1:20. Vratná směs může být znovu použita, **regenerována**. Minerální rezidua, jako struska a stěry se mohou znovu využít nebo jsou odstraněny.

**Energie**

Využití odpadního tepla tvoří důležité aspekty životního prostředí. Toto využití vzhledem k vysokému objemu dopravy, manipulaci s nosiči tepla a pomalému chladnutí nosiče není vždy jednoduché a efektivní.

**Voda**

Ve většině sléváren je vybudována interní cirkulace vody s doplňováním vypařeného množství. Voda se nejčastěji využívá pro ochlazování systému elektrických pecí. Odpadní vody dostávající se do kanalizace je poměrně málo. Při vysokotlakém lití je potřeba stálého proudu chladicí vody, kterou je poté nutné vyčistit od organických přísad (fenol, olej),

## 3. Praktická část

Ke zpracování praktické části mé diplomové práce a zhodnocení reálného vlivu sléváren na životní prostředí jsem vybral společnost Vítkovické slévárny, spol. s r.o. se sídlem Halasova 2904/1, 706 02 Ostrava – Vítkovice, IČ 62304992. Společnost je členěna do tří divizí. Divize slévárna válců, divize slévárna odlitků a divize slévárna barevných kovů. Ve své práci se podrobně zabývám Divizi Slévárny odlitků.

Veškeré data jsou interními daty společnosti a jsou využitelná pouze pro zpracování této diplomové práce, jakákoliv práce s těmito daty jinými osobami není povolena.

### 3.1 Historie společnosti

([www.vitkovickeslevarny.cz](http://www.vitkovickeslevarny.cz))

- 1828 Počátek strojírenské a hutní výroby ve Vítkovicích.
- 1830 Zapálena první pudlovací pec v celé habsburské monarchii.
- 1831 Zahájena výroba slévárny šedé litiny.
- 1843 Železářny kupuje Salomon Meyer Rotschild.
- 1910 Zahájena výroba hutních válců a těžkých strojních dílů – základní kámen současné výroby společnosti Vítkovické slévárny, spol. s r.o.
- 1919 Založena slévárna pod obchodním jménem R. Sýkora továrna strojních a slévárenských specialit základní kámen slévárny barevných kovů, spol. s.r.o.
- 1948 Znárodnění a začlenění pod správu Vítkovických železáren.
- 1989 Dokončená výstavba unikátní technologie odstředivého lití válců, zahájena výroba dvouvrstvých válců dle licence Gontermann Peipers ve společnosti Vítkovické slévárny.
- 1994 Vyčlenění slévárny z organizační struktury Vítkovice, a.s. a založení Slévárny barevných kovů, spol. s r.o.
- 1996 Prodej obchodního podílu SBK společnosti IC TRADE, spol. s r.o.
- 1997 Vyčlenění jednotky „Slévárna válců“ z organizační struktury Vítkovice, a.s., založení společnosti Vítkovické slévárny, spol. s r.o. Zavedena furanová technologie formování.

- 2003 získává 99% obchodního podílu společnosti Vítkovické slévárny, spol. s r.o.
- 2004 fúze se společností Slévárna barevných kovů. Sloučením obou funguje společnost, která je právním nástupcem SBK a nese obchodní jméno Vítkovické slévárny, spol. s r.o.

## 3.2 Profil společnosti

([www.iris.env.cz](http://www.iris.env.cz))

Vítkovické slévárny jsou tradičním výrobcem válců pro válcování kovů, tvarových odlitků z oceli a litin a od roku 2004 také odlitků ze slitin mědi. Za dobu své existence prošla společnost řadou změn jak je viditelné v kapitole Historie společnosti.

Dynamicky se rozvíjející společnost je nositelem tradice výroby odlitků od roku 1828 a výrobu válců od roku 1910. V současné době se řadí na špici východoevropského trhu ve výrobě válců vysoce sofistikovanou technologií odstředivého lití. Součástí výrobního programu je výroba modelů a atypických výrobků ze dřeva.

Výrobní program je soustředěn do tří hlavních divizí. Jak jsem již zmiňoval, práce je zaměřena pouze na Divizi Slévárna odlitků.

### Divize Slévárna odlitků

Slévárna odlitků je orientovaná na kusovou a malosériovou výrobu tvarových odlitků ze šedé, tvárné litiny a oceli s hmotností od 40 do 5000kg. Produkce je zaměřena na výrobu armatur, odlitků lodních dílů a dalších tvarových odlitků (kola, ložiska, setrvačníky, skříně, tělesa, vodítka), které společnost dodává odběratelům v oblasti strojírenství, hutnictví, důlního, lodního a stavebního průmyslu. Z celkového objemu výroby tvoří zahraniční odběratelé 50%. Významným sortimentem tvoří i vysoce legované oceli, včetně manganových ocelí.

Slévárna je zaměřena zejména na výrobu tvarově složitých odlitků. To je umožněno využitím moderních technologií, především při výrobě forem a jader, které jsou vyráběny do samotuhnoucích furanových směsí jak z přírodních písků, tak z jiných ostřiv (chromité, a zirkonové písky). Dále se používají moderní postupy bezrámového formování. Výroba jader probíhá vibračním zhutňováním na otočném karuselu. Od roku 2009 bylo ve slévárně připojeno odstředivé lití (EIP AJAX I, EIP AJAX II) na výrobu mosazných kroužků odstředivým litím.

Ve výrobě je kladen důraz na vysokou kvalitu, úzké rozmezí chemického složení, vysokou rozměrovou přesnost a termínové plnění zakázek. Na celou výrobu jsou uplatňovány kontrolní postupy včetně nedestruktivního zkoušení.

### 3.3 Identifikace zdroje a provozovny

Název provozovatele:	Vítkovické slévárny, spol. s r.o. Halasova 2904/1 706 02 Ostrava Vítkovice
Provozovna:	Vítkovické slévárny, spol. s r.o. Halasova 2904/1 706 02 Ostrava Vítkovice
Identifikační číslo:	62 30 49 92
Kraj:	Moravskoslezský
Obec:	Ostrava
Charakteristika všech zdrojů:	Slévárna železných kovů, zpracování dřeva, aplikace nátěrových hmot, procesní ohřevy
Číslo katastrálního území	714 07
<b>Identifikační číslo zdroje:</b>	<b>71 407 069</b>
Kategorie:	Slévárna železných kovů nad 20 t/den

**Kategorizace zdrojů emisí, (příloha č. 4),** dle nařízení vlády č.615/2006. Sb., Nařízení vlády o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

Tabulka 7 Názorná ukázka přílohy kategorizace zdrojů

Provozní celek		Kategorie	Zdroj znečišťování		Zařízení - technologie		Zařízení ke snížení emisí		Komín	Znečišťující látka		
Kód	Název	Kód	Kód	Název	Kód	Název	Kód	Druh	Kód	Kód	spec.limit	*obec.limit
31			32		29	36	43	67	45	71		*emis.faktor
352	Slévárna	vz	101	Tavení EOP	101	EOP 5t	101	F	101	1010	TZL	
	odlitků-SLO			30 t/den						1030	NO <sub>2</sub>	
	50,5 t/den									1040	CO	
		vz	102	Tavení EIP	102	EIP 2x2t	-	-	102	1010	TZL	
				18 t/den								
			103	Tavení EIP	103	EIP AJAX I	301	F	301	1010	TZL	
				12 t/den						2180	Zn	
					104	EIP AJAX II	301	F	301	1010	TZL	
										2180	Zn	

### 3.4 Vztah společnosti k životnímu prostředí

Vítkovické slévárny si plně uvědomují existenci negativních vlivů slévárenské výroby na ŽP. Hlásí se ke konceptu tzv. udržitelného rozvoje, založeného na vztahu mezi lidmi a jejich přístupem k ŽP. Proto je součástí jejich výrobního programu tyto vlivy minimalizovat. Minimalizace mají probíhat v odpadovém hospodářství, ochraně ovzduší a v oblasti ochrany spodních vod.

#### Odpadové hospodářství

Nakládání s odpady vznikající v procesu výroby sléváren probíhá podle zákona č. 185/2002 Sb. Odpady jsou shromažďovány na určených místech a tříděny dle katalogu odpadů, vyhlášky č. 168/2007. Společnost má zpracován Plán odpadového hospodářství dle § 44 zákona o odpadech a § 28 vyhlášky MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Součástí integrovaného povolení bod 3. Podmínky zajišťující ochranu zdraví člověka a životního prostředí při nakládání s odpady byl společnosti udělen souhlas k nakládání s nebezpečnými odpady vznikající při výrobní činnosti.

#### Ochrana ovzduší

Společnost jako primární zdroje emisí označuje pecní agregáty pro výrobu tekutého kovu, zařízení pro regeneraci formovací směsi a zařízení pro tepelné zpracování odlitků. Zdroje znečišťování ovzduší jsou pravidelně monitorovány Českou inspekcí životního prostředí Ostrava. Společnost Vítkovické slévárny přísně dodržuje zásady stanovené zákonem o ovzduší č. 86/2002 Sb. Prašné prostředí ve slévárnách je odsáváno odlučovači, které



vyhovují emisním limitům podle vyhlášky MŽP ČR 117/97 Sb. k zákonu o ovzduší č. 86/2002 Sb. V roce 2007 bylo Vítkovickým slévárnám vydáno integrované povolení dle § 13 odst. 3 zákona č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci, které stanoví jako provozovateli zařízení dle § 13 odst. 3 písm.d), odst. 4 a odst. 5 zákona o integrované prevenci závazné podmínky provozu zařízení, a to emisní limity v souladu s § 14 odst.1 a 3 zákona o integrované prevenci a související monitoring těchto látek v souladu s § 13 odst.44 písm.i) zákona o integrované prevenci (kapitola 3.7 Emisní limity).

### **Vodní hospodářství**

Ochrana vod a provoz vodních děl řídí limity vydanými Magistrátem města Ostravy. Systémem uzavřených vodních okruhů a svedením odpadních vod do centrální kanalizace, která je napojena na ÚČOV EVi a.s. je zajištěno šetrné nakládání s povrchovými zdroji vod a nízký stupeň znečištění odpadních vod. V případě havárií jsou vypracovány havarijní plány.

### **Základní faktory pracovního prostředí**

Společnost se také snaží vycházet vstříc zdraví člověka a dodržuje faktory jako hluk, vibrace, prach a tepelnou zátěž. Posuzování se provádí podle požadavků Zákoníku práce (262/2006 Sb.) a zákona č. 258/2000 o ochraně veřejného zdraví.

### **Hospodárné plány využívání surovin a energie**

Vítkovické slévárny každoročně investují finance pro modernizaci výrobního zařízení vedoucím k úspoře energií. Roku 2003 byl zpracován energetický audit společnosti ECO – Projekt – Invest, s r.o, který doporučil opatření.

Již byly provedeny úpravy jako:

- izolace armatur pro horkovod a páru
- místo dodatečné izolace plechových vrat byla troje vrata vyměněna za lamelové s izolací
- postupně jsou nakupována úsporná svítidla (dochází až k poloviční úspoře)
- výměna jednoduchého prosklení polykarbonátem

Pro formování odlitků používány výhradně furanové směsi, jejichž ostřívo je křemenný písek. Na Speciální odlitky se využívá chromitý nebo zirkonový písek. Formovací směs prochází mechanickou suchou regenerací s následnou magnetickou separací chromitu. Regenerát je poté opětovně používán. Regenerace směsi umožňuje vracet zpět do výroby 90% regenerované směsi, včetně odseparovaného regenerátu chromitu. Regenerace je

vybavena suchým odlučovacím zařízením. Mísíče směsi mají rovněž účinné odlučovací zařízení.

### **Srovnání s nejlepšími dostupnými technikami (BAT)**

Aby společnost uspěla při stanovování podmínek provozu, emisních limitů dle zákona o integrované prevenci vychází z hledisek pro určování nejlepších dostupných technik uvedených v příloze č.3 zákona o integrované prevenci se zřetelem k technickým charakteristikám zařízení, jeho umístění a místním podmínkám ŽP za použití Referenčního materiálu nejlepších dostupných technik pro kovárny a slévárny (květen 2005, překlad svaz sléváren ČR).

Vychází se zejména z:

- Nízkoodpadové technologie, kovové části včetně zmetků jsou vráceny zpět do výroby. Regenerací formovacích směsí dochází k úspoře nových písků. Firma sleduje materiálové toky.
- Použití látek méně nebezpečných.
- Podpora zhodnocování a recyklace látek, komodity se opakovaně dávkuje do vsázky. Produkované odpady jsou předávány externím firmám oprávněným s nimi nakládat, u nichž je legislativně opatřeno prioritní využívání.
- Srovnatelné procesy, zařízení či provozní metody, které již byly vyzkoušeny ve světovém měřítku.
- Technický pokrok a změny vědeckých poznatků a jejich interpretace.
- Opatření pro další eliminaci škodlivých vlivů zařízení na životní prostředí a lidské zdraví.
- 

## **3.5 Zákazníci společnosti**

Společnost svou širokou nabídku produktů uplatňuje nejen na českém trhu, ale i v zemích EU, jako Slovensko, Polsko, Německo, Rakousko, Slovinsko, Maďarsko, Řecko, Itálie, Holandsko, Belgie, Francie, Dánsko, Švédsko. Kromě těchto zemí exportuje do USA, Ruska, Taiwanu, Rumunska, Turecka, Švýcarska, Norska a Chorvatska.

### 3.6 Zařízení slévárny odlitků

**Podle provozního řádu, provozní celek 352 – slévárna odlitků 60t/den**

Slouží k výrobě tekuté oceli, šedé a tvárné litiny. Je vybavena obloukovou pecí EOP – 5t výrobce Siemens –Halsko 1943, dodavatel Strojexport Praha, elektrickou středofrekvenční indukční pecí EIP ISTOL 2×2t. Pro odstředivé odlévání mosazných kroužků slouží 2 pece typu AJAX - 2× 6t/den a třemi licími stroji.

#### 3.6.1 EOP 30t/den

**Tabulka 8 EOP 30t/den**

Typ pece	EOP 5t
Účel	Tavení kovů
Výrobce a dodavatel	Siemens – Halsko, Strojexport Praha
Rok výroby	1943
Inv.číslo	17 030
Rozměry pracovního prostoru	7 × 7 × 6 metrů
Max. vsázka	5 tun
Palivo	Elektrická energie
Příkon transformátoru	2,5 MW
Napájení transformátoru	5 250 V (primární)
Napájení transformátoru	85 – 200 V (sekundární)
Jmenovitý průměr elektrod	250 mm
Průměrná doba tavby	4-5 hodin
Odpichová teplota	1650°C
Odsávané množství vzdušiny FVU - 1200	80 100m <sup>3</sup> /hod
Využití kalendářního fondu	220d/rok

#### **Celková spotřeba energie:**

Dvoustruskový režim 4000 – 4500 kVA na 5 tun, doba tavby 4 – 4,5 hod.

#### **Sázení do pece:**

Zavážka vsázky se provádí sázecími koši, které jsou naplněny vsázkovým materiálem. Košem se sází přímo do pracovního prostoru pece. Koš je ve spodní části zavázán ovazem,

který se v horkém pracovním prostoru samovolně propálí. Je nutné dodržet složení vsázky dle kusovosti v těchto rozměrech:

10 – 20 % drobný odpad

20 – 40 % střední odpad

Zbytek těžký odpad. Do spodní části se dává vápno, dále podle potřeby nahličovadlo, případně při vyšším obsahu chromu se do vsázky přidává i ruda.

**Tabulka 9 Složení vsázky pro výrobu oceli, EOP 5t**

Ocelový šrot	3900 kg/tavba
Vratný materiál	2100 kg/tavba
FeMn 75%	60 kg/tavba
FeSi 75%	60kg/tavba
Al desox.	6kg/tavba
Ruda Fe	300 kg/tavba
vápno	180 kg/tavba
Kazivec (alcaten)	90 kg/tavba
koks	90 kg/tavba

**Tabulka 10 Složení vsázky pro výrobu litiny, EOP 5t**

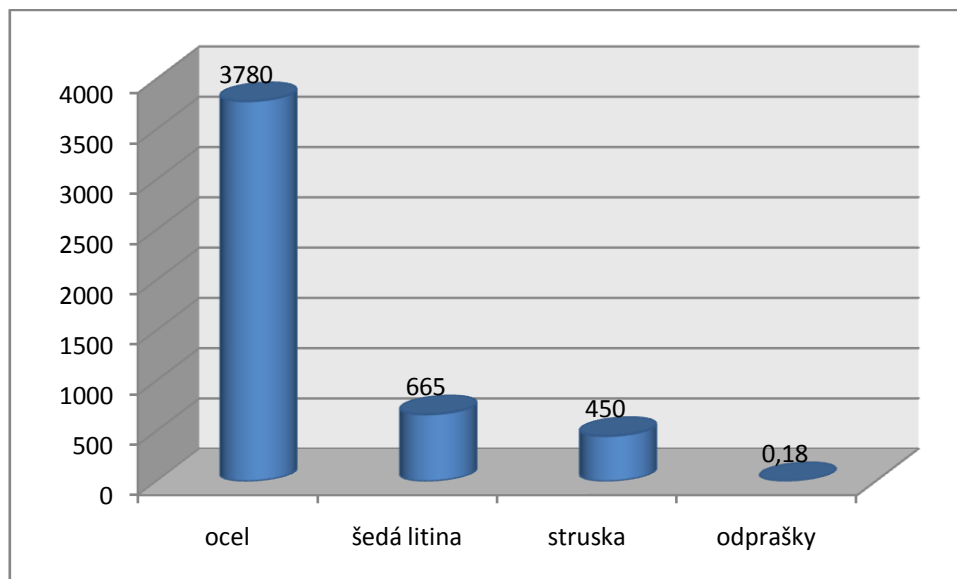
nahličovadlo	5 kg/tavba
Litinový vrat	1000 kg/tavba
Ocelový šrot	550 kg/tavba
Litinový šrot	600 kg/tavba
Surové železo	3000 kg/tavba
Foundrusil (očkovadlo)	45 kg/tavba
FeSi 75% drcené	20 kg/tavba
Bjornet 8 - očkovadlo	70 kg/tavba

**Tabulka 11 Parametry filtrace spalin, FVU – 1200**

Množství spalin vstup/výstup	80 100 m <sup>3</sup> /hod
Průtočné množství vzdušiny filtrem	93 617 m <sup>3</sup> /hod
Počet filtračních komor	24
Počet filtračních vložek	48
Max. filtrační rychlost	1,83 cm/s
Max.měrné zatížení filtrační textilie	1,1 m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .min <sup>-1</sup>
TZL na výstupu, v suchém plynu za normálních podmínek	10 mg/m <sup>3</sup>

**Celkové množství surovin v peci EOP 5t: Výroba 4445,2 tun odlitků/rok****Tabulka 12 EOP 5t celková vsázka t/rok**

Vrat z výroby	2150 t/rok
Ocelový šrot	2630 t/rok
Surové železo	551 t/rok
Ruda Fe - pelety	140 t/rok
vápno	101 t/rok
FeCr	34,4 t/rok
FeMnC	68,7 t/rok
Alcaten	4,3 t/rok
nauhlčovadlo	23 t/rok
koks	66 t/rok
legury	0 – 15 t/rok

**Produkty EOP 5t (t/rok)****Graf 1 Produkty EOP 5t (t/rok)****3.6.2 EIP 18t/den****Tabulka 13 EIP, SF pece ISTOL**

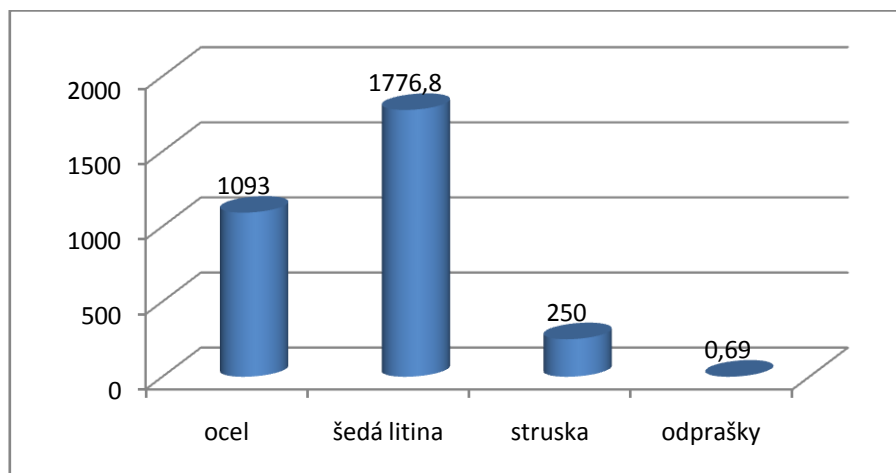
Typ pece	SF pece ISTOL 2×2t + 250 kg
Účel	Tavení kovů
Výrobce a dodavatel	EZ Brno – elektroinstalace ZEZ Praha – Praha Hloubětín
Rok výroby	1969
Inv.číslo	17 028
Rozměry pracovního prostoru	10 × 5 × 1 metrů
Tavící výkon	2t = 0,95 t/hod.
Palivo	Elektrická energie
Příkon transformátoru	5kV – 900kW/5kV – 300kW
Napájení transformátoru	3kV/ 3,2kA/600Hz (primární)
Napájení transformátoru	1,5kV/1,9kA (sekundární)
Teplota při odpichu	1500 – 1600°C
Průměrná doba tavy	2,5 hodin
Průtočné množství vzdušiny filtrem	8640 m <sup>3</sup> /hod

**Tabulka 14 Složení vsázky pro výrobu oceli, EIP 18t/den**

Ocelový šrot	1300 kg/tavba
Vratný materiál	700 kg/tavba
FeMn 75%	20 kg/tavba
FeSi 75%	20 kg/tavba
Al desox.	2 kg/tavba
Ruda Fe	100 kg/tavba
vápno	60 kg/tavba
Kazivec (alcaten)	30 kg/tavba
koks	30 kg/tavba

**Tabulka 15 Složení pro výrobu litiny, EIP 18t/den**

nauhličovadlo	1,8 kg/tavba
Litinový vrat	360 kg/tavba
Ocelový šrot	198 kg/tavba
Litinový šrot	216 kg/tavba
Surové železo	1080 kg/tavba
Foundrusil (očkovadlo)	16,2 kg/tavba
FeSi 75% drcené	7,2 kg/tavba
Bjornet 8 - očkovadlo	2 kg/tavba

**Produkty EIP 2733,6 tun odlitků/rok****Graf 2 Produkty EIP**

### 3.6.3 EIP AJAX I, II

**Tabulka 16 EIP AJAX I,II**

Typ pece	EIP AJAX I, II
Účel	Tavení barevných kovů
Výrobce a dodavatel	REALISTIC a.s. Karlovy Vary – Stará Role
Rok výroby	1994, 2002
Rozměry pracovního prostoru	Ø500 mm, výška 500mm
Hmotnost vsázky	550 kg
Kapacita	6t/den
Palivo	Elektrická energie
Instalovaný výkon	120kW
Teplota při odpichu	1000°C
Průměrná doba tavby	2 – 3 hod.
Využití kalendářního fondu	Nepřetržitý, 1 pec jako udržovací

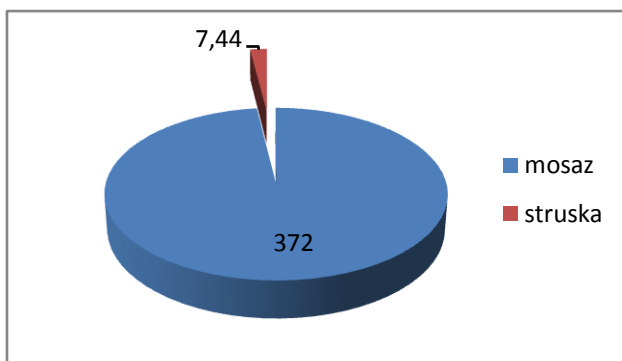
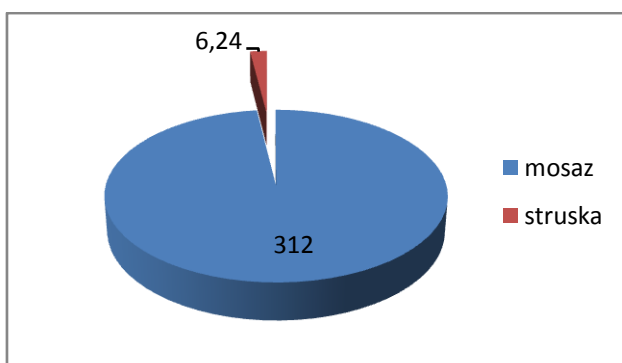
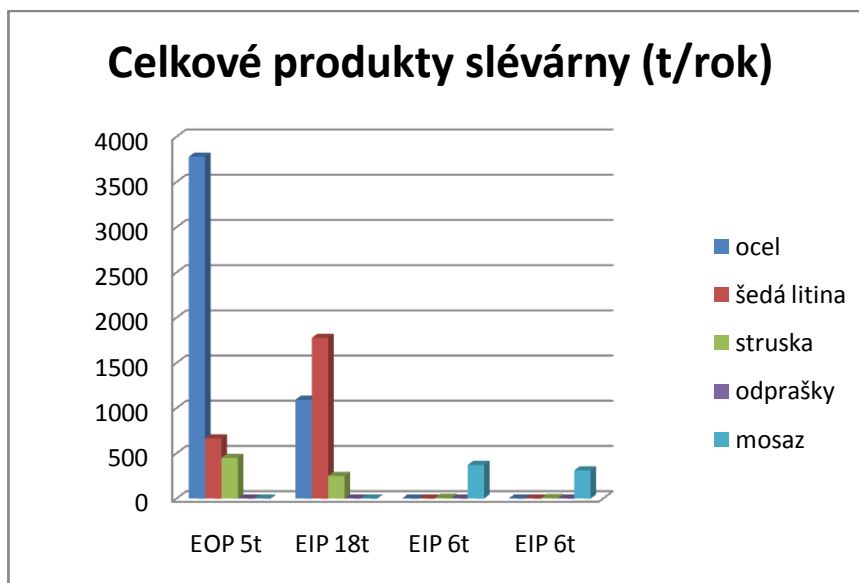
**Tabulka 17 Složení vsázky pro výrobu mosazných slitin**

Mosazný odpad	295,0 kg/tavba
Měď	20,0 kg/tavba
Hliník	5,0 kg/tavba
CuFe20	10,0 kg/tavba
CuMn30	15,0 kg/tavba
Mosazné třísky (z opracování)	180,0 kg/tavba

**Tabulka 18 Vstupní suroviny EIP AJAX I, II (výroba 684 tun odlitků/rok)**

Mosazný odpad	240 t/rok
Zinek	8 t/rok
Hliník	2 t/rok
Měď	3 t/rok
CuFe20	10 t/rok
CuMn30	5 t/rok
Mosazné třísky	150 t/rok



**Produkty EIP AJAX I (t/rok)****Graf 3 Produkty EIP AJAX I (t/rok)****Produkty EIP AJAX II (t/rok)****Graf 4 Produkty EIP AJAX II (t/rok)****Celkové produkty slévárny (t/rok)****Graf 5 Celková produkce slévárny**

### 3.6.4 Ostatní provozní celky slévárny

#### **Formovna a odlévání odlitků**

Výroba odlitků z oceli se provádí do pískových forem ručně nebo na malém formovacím uzlu. Formovna obsahuje 3 mísiče typu Wöhr. Na formování se používají samotuhnoucí směsi na bázi furanových pryskyřic, ostřivo tvoří křemenný písek. Formy a jádra jsou ošetřeny nátěry na bázi zirkonsilikátu magnezitu nebo grafitu. Odlévá se do forem z licí pánve se spodní výpustí, která po naplnění tekutým kovem je převezena od tavících pecí na licí pole. Po odlití se odlitky nechají chladnout na místě. Po vychladnutí se odlitky vytloukají a dočišťují.

#### **Jádrovna**

Je vybavena mísičem Wöhr, karuselem pro formovací rámy max. 700×700 mm pracovním stolem. Jádra bývají většinou zhotoveny ručně z furanové směsi. Zplodiny z mísiče jsou odsávány suchým odlučovačem.

#### **Vybíjení odlitků**

Slévárenské písky jsou po vytlučení, hrubém rozrušení na vytloukacím roštu dopraveny pásovým dopravníkem do magnetického separátoru, kde jsou odděleny hrubé kovové části. Odtud jde do elevátoru a zásobníku vytlučeného písku. Veškeré procesy jsou odsávány na suché tkaninové filtry.

Výstupy: vytlučený písek k regeneraci, emise do ovzduší

#### **Cídírna odlitků**

Na apretaci odlitků je cídírna vybavena zařízením jako tryskače (2×PTB,CKM), bubnový tryskač PT 1800, PTB 5, brusky, svařování a pálení odlitků. Svařování se provádí pomocí svařovacích elektrod s elektrickým obloukem. Pálení je pomocí acetylénovou pistolí. Prach z pracoven je odsáván ventilátory do mokrých odlučovačů nebo do odlučovače suchého tkaninového filtru.

#### **Tepelné zpracování odlitků**

Řízený ohřev a ochlazování odlitků probíhá ve dvou žíhacích pecích vytápěným zemním plynem a jedné peci na lehký topný olej.

**Regenerace písků**

Dochází k úspoře nových písku a ke snížení množství odpadů. Hrudky se drtí na vibračních drtičích, vzniká odpad v podobě kovových částic a kamene. Rozdrcený vratný písek bez hrudek je přidělován do vibrofluidních chladičů s intenzivním odprášením do kruhových vibračních sít. Síta odstraní nadměrné a prachové zrna, která jsou odvezeny do odpadu. Přesátý písek se předá na magnetický separátor. Poté probíhá 4. stupeň regenerace, čistý regenerát chromitu je dopraven do zásobníku mísiče. Vibrační třídič oddělí ostřívo od prachu a magnetické odlučovače oddělí chromit a kovové součásti. Prachové podíly jsou čištěny na suchém tkaninovém filtru.

**Příprava formovacích a jádrových směsí**

Základní surovina se využívá nový nebo regenerovaný křemenný, chromitý písek a furanová pojiva. K sušení písku je používána plynová rotační suška písku. Používají se mísiče typu Wöhr.

**Vodní hospodářství Slévárny odlitků**

Postaven ze dvou uzavřených okruhů:

- Okruh chlazení EOP (kroužky, čelisti, rám dvířek) a cívek EIP ISTOL
- Okruh chlazení kondenzátorů EIP ISTOL

Okruhy jsou vybaveny podzemními jímkami, zajišťující zásobu vody pro chlazení tepelně exponovaných částí pecí, vychlazování oteplené vody, pro mokré hladinové odlučovače, v cídírně.

**3.6.5 Odlučovací zařízení**

EOP 5t, je vybaveno odlučovacím zařízením, vybavením pro měření emisí a postupy pro sledování provozu. Filtrační stanice FVU -1200 obsahuje odsávací vyústky umístěné vedle pece, zákryt odpichového prostoru pece, vzduchotechnické potrubí mezi odsávací vyústkou pece se zákrytem odpichového otvoru a filtrační stanicí, filtrační stanicí FVU 1200 s dvěma ventilátory VRVP 1250, vzduchové potrubí a systém řízení odsávání.

**Tabulka 19 Odlučovač FVU 1200**

<b>Typ odlučovače</b>	<b>FVU 1200</b>
Výrobce a dodavatel zařízení	APF. a.s. Praha
Rok výroby	2007
Celková filtrační plocha	1200 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha	5 × 7,5 m
Počet komor	24
Počet filtračních vložek	48
Materiál filtrační textilie	Gatex PES
Max.průtokové množství vzdušnin	80 100 m <sup>3</sup> /h
Max.filtrační rychlost	1,83 cm/s
Max.tlaková ztráta	2 000 Pa

Zachycování zplodin tavicích pecí AJAX I, II je zajišťováno suchým tkaninovým odlučovačem FKK 12/240 a ventilátorem typu RVM 1250 – 1P – P90.

**Tabulka 20 Odlučovač FKK 12/420**

<b>Typ odlučovače</b>	<b>FKK 12/420</b>
Výrobce a dodavatel zařízení	ZVVZ Milevsko
Rok výroby	2001
Zastavěná plocha	8 × 5 × 2 m
Počet filtračních vložek	12
Materiál filtrační textilie	Fibretext 1248
Max.průtokové množství vzdušnin	30 600 m <sup>3</sup> /hod.
Max.filtrační rychlost	15,5 m/s

### 3.7 Emisní limity

Krajský úřad Moravskoslezského kraje, odbor životního prostředí a zemědělství jako místně příslušný správní orgán podle § 29 odst.1 zákona č. 129/2000 Sb., o krajích, ve znění pozdějších předpisů, a podle § 33 písm.a) zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů vydal integrované povolení č.j. MSK 175440/2006 ze dne 9.5. 2007

integrované povolení, které stanoví emisní limity a související monitoring pro Vítkovické slévárny (příloha č.5).

**Tabulka 21** Názorná ukázka přílohy integrovaného povolení

Zdroj znečišťování ovzduší	Znečišťující látka	Emisní limit mg/m <sup>3</sup>	Vztažné podmínky	Četnost měření
101 Elektrická oblouková pec EOP 5 t	tuhé znečišťující látky (TZL)	75	A	1x za rok
		20 (od 1.1.2010)		
	oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )	400	B	
	oxidy dusíku vyjádřené jako oxid dusičitý (NO <sub>x</sub> jako NO <sub>2</sub> )	400	A	
	oxid uhelnatý (CO)	1000		
102 Elektrická indukční pec ISTOL 2 x 2 t	TZL	75	C	1x za rok
151 Elektrická indukční pec ACEC 2 x 8 t		20 (od 1.1.2010)	A	
152 Elektrická indukční pec ELPHIAC 2 x 4 t				

### Měření emisních limitů

Ve společnosti je pravidelně prováděno měření emisí v zákonných intervalech dle jednotlivých znečišťování. Společnost Vítkovické slévárny splňuje předepsané emisní limity.

Dne 9.12.2009 v době od 6:00 hod. do 9:00 hod. bylo provedeno autorizované měření emisí plyných znečišťujících látek v odpadním plynu zdroje. Měření prováděla společnost Materiálový a metalurgický výzkum s.r.o. Měřeným zdrojem byl zdroj č. 508 **Pálení odlitků**, pro který je na základě rozhodnutí krajského úřadu Moravskoslezského stanoven **emisní limit TZL na hodnotu 50 mg/m<sup>3</sup>**.

Měření bylo provedeno podle legislativy pro měření emisí, zákon č. 86/2002 Sb. O ochraně ovzduší v platném znění, v rozsahu nařízení vlády č. 615/2006 Sb. a vyhlášky MŽP č. 205/2009 Sb. Dále uvádím stručný přehled naměřených hodnot.

### Popis měřicího místa

Místo je osazeno dvěma v úhlu 90° umístěnými přírubami typu ME 21.1, zabudovanými do kruhového výdušného potrubí před kloboukem na střeše provozní haly.

Tabulka 22 Popis měřicího místa

<b>Rozměry měřicího místa (m)</b>	<b>0,60</b>
<b>Rovný úsek před měř.místem</b>	3,00
<b>Rovný úsek za měř.místem</b>	0,15
<b>Počet vzorkovacích přímek</b>	2
<b>Počet vzorkovacích bodů</b>	4
<b>Celková doba měření (hod.)</b>	1,5
<b>Celkové množství upálených nálitků (kg)</b>	1426
<b>Atmosférický tlak (Pa)</b>	99 280
<b>Teplota okolí (°C)</b>	5,0

Měření zdroj č. 508 byl provozován obvyklým způsobem. V průběhu měření byly upáleny z 1 ks řemenice 3 ks nálitků a ze 4 ks vedení dvířek 16 ks nálitků.

Střední hodnoty hmotnostních koncentrací jednotlivých měření tuhých znečišťujících látek ve vlhkém plynu za podmínek v kouřovodu, bez přepočtu na referenční obsah kyslíku, aritmetický průměr středních hodnot a skutečné objemové koncentrace  $O_2$  a  $CO_2$  v suchém plynu.

Tabulka 23 Hodnoty měření TZL

<b>Doba vzorkování od-do</b>	<b>c TZL [mg.m<sup>-3</sup>]</b>	<b>c<sub>s</sub> O<sub>2</sub> [%]</b>	<b>c<sub>s</sub> CO<sub>2</sub><sup>N</sup> [%]</b>	<b>c<sub>s</sub> TZL [mg.m<sup>-3</sup>]</b>	<b>v [m.s<sup>-1</sup>]</b>	<b>p<sub>s</sub> [kPa]</b>	<b>t<sub>s</sub> [°C]</b>	<b>c<sub>H2O</sub> [%]</b>
<b>6:45 - 7:15</b>	5,38	20,93	0,05	5,60	20,46	99,18	11,21	0,80
<b>7:18 – 7:48</b>	7,35	20,93	0,05	7,70	20,67	99,22	11,31	0,80
<b>7:50 – 8:22</b>	6,36	20,93	0,05	6,66	20,67	99,25	11,45	0,80
<b>Střední hodnota</b>	6,37							
<b>U<sub>c</sub></b>	2,24							

Tabulka 24 Objemové toky

Objemové toky	V [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	U <sub>v</sub>	V <sub>N</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	U <sub>v</sub>	V <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	U <sub>v</sub>
Střední hodnota	20 959	±1 818	19707	±1 718	19 548	±1 705

**Výsledky měření:**

Střední hodnota hmotnostní **koncentrace TZL** ve vlhkém plynu za provozních podmínek je **6,37 ± 2,24 mg.m<sup>3</sup>**, což splňuje emisní limit pro tento zdroj.

**Použité značky:**

c střední koncentrace znečišťujících látek v nosném plynu za provozních podmínek

c<sub>s</sub> střední koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za provozních podmínek

U<sub>v</sub>, U<sub>C</sub> rozšířená nejistota

p<sub>s</sub> statický tlak nosného plynu v potrubí

t<sub>s</sub> střední teplota v potrubí v době měření

v střední rychlost proudění nosného plynu v průřezu měření

V objemový tok nosného plynu za provozních stavových podmínek

V<sub>N</sub> objemový tok nosného plynu přepočtený na normální stavové podmínky p<sub>N</sub>, T<sub>N</sub>,

**3.8 Nakládání s odpady**

Společnost Vítkovické slévárny zpracovávají hlášení o odpadech podle přílohy č. 20 k vyhlášce č. 383/2001 Sb.

Hlášení odpadů za rok **2010** ze dne 17.3. 2010 je znázorněna v Tabulka 25.

Tabulka 25 Množství odpadů společnosti

katalogové číslo odpadu	kategorie odpadu	název druhu odpadu	celkem (tun)
100903	O	Pecní struska	195,88
100907	N	Licí formy a jádra použitá k odlévání obsahující NL	190,64
100908	O	Licí formy a jádra použitá k odlévání neuvedená pod číslem 100907	329,62
120101	O	Piliny a třísky železných kovů	161,31
150102	O	plastové obaly	1
150110	N	Obaly obsahující zbytky NL nebo obaly s těmito látkami znečištěné	2
161104	O	Jiné vyzdívky a žáruvzdorné materiály z metalurgických procesů neuvedených pod číslem 1611	24,26
170401	O	Měď, bronz, mosaz	6,307
170404	O	Zinek	0,67
170405	O	Železo a ocel	10,48
200301	O	Směsný komunální odpad	1,25

Pozn.: „O” ostatní odpad

„N” nebezpečný

#### Grafické znázornění



Graf 6 množství odpadu slévárny



## 4. Zhodnocení vlivů na životní prostředí

Slévárenství má velmi dlouhou historii, odlitky začaly sloužit člověku už před více než 4000 lety. Výrobky samy nijak nepoškozují životní prostředí a s jejich recyklací nebyl nikdy žádný problém.

Výrobní proces je doprovázen vznikem různých typů odpadů. Ekologické, ekonomické a v neposlední řadě legislativní požadavky vyvolávají nutnost tyto odpady upravovat a recyklovat.

Aktuální otázky dnešních sléváren nejsou jen vysoké, efektivní produkce zboží a služeb, ale také se týkají, jak minimalizovat produkci nežádoucích zplodin, odpadů, hluk, spotřebu energie a surovin. Ve vyspělých zemích negativní dopad na ŽP je další prioritou rozvoje. Stav a další vývoj životního prostředí stále více ovlivňuje kvalitu života. Vyplývá nutnost hledání kompromisu mezi ekologií, sociálním dopadem, hodnotami potřebnými k životu a ekonomickými možnostmi sléváren s cílem dosažení trvale udržitelného rozvoje.

Zajištění trvale udržitelného rozvoje vyžaduje přísné přístupy managementu podniků, změny postojů pracovníků průmyslu, politiky, státní správy, samosprávy a veřejnosti. Integrovaná ochrana ŽP nemá na starost pouze sledovat produkované znečištění, ale identifikuje příčiny vzniku a usiluje o předcházení přímo ve výrobní technologii. Technologie jsou voleny tak, aby produkovaly minimum plyných i pevných škodlivin a minimalizuje znečištění vod, optimalizuje spotřebu energií, materiálu. Upřednostňují se řešení šetrné k životnímu prostředí. Uvažuje se v průběhu celého procesu, ne pouze na konci. Pro nasměrování ke správnému řešení slouží nejlepší dostupné postupy (Best Available Techniques – BAT ) obsažených v referenčních dokumentech k BAT (BREF), vydaných technickou komisí Evropské unie (TGW) v Seville, Španělsko. Je prokázáno, že zapracování jejich metod do výrobní technologie vede ve všech stranách k pozitivním výsledkům.

**Směrnice Rady č. 96/61 EC** byla evropskou unií přijata již v roce 1991. Realizace této směrnice v mnohých zemích EU má různou úroveň. U nás byla tato směrnice transformována do české legislativy v podobě **zákona č. 76/2002 Sb.**, o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování. Opírá se o

legislativu stanovující emisní limity zplodin do ovzduší, přípustné odpady, míru znečišťování vod, úroveň pachů a hluku.

Na zákon o IPPC je velmi důležitá návaznost zákona o vlivu staveb na životní prostředí (EIA zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na ŽP), stavební zákon, složkové zákony a výkon státní správy.

- **Kraj** má na starost projednání a organizaci povolovacího zařízení, rozhodování a vydávání integrovaného povolení. Provádí kontroly dodržování, ukládá pokuty, rozhoduje o přerušení nebo zastavení, hodnotí aplikace nejlepších dostupných technik.
- **Krajský hygienik** stanovuje v řízení o vydání IP závazné podmínky provozu zdroje hluku nebo vibrací, pokud nelze dodržet hygienické limity. Kontroluje provoz zařízení. Pokud je pravděpodobnost závažného ohrožení zdraví může zastavit provoz.
- **Česká inspekce životního prostředí** má na starosti kontrolu plnění povinností uložených zákonem. Může omezit či zastavit provoz zařízení, pokud by zařízení mohlo mít závažný vliv na ŽP nebo značné materiální škody. Ukládá pokuty, rozhoduje o jejich zrušení. Hodnotí aplikaci BAT.

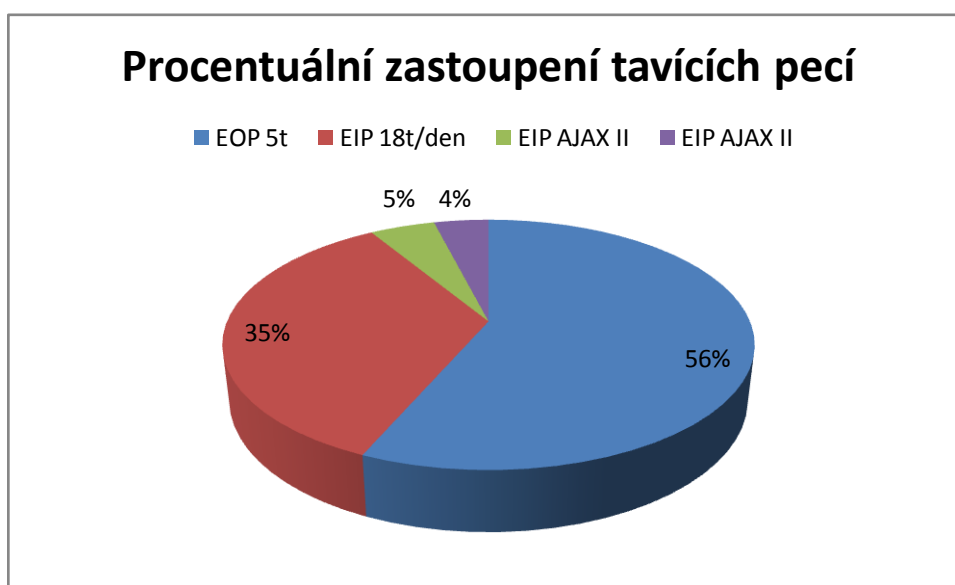
Oblast regulovaných **vod** podléhá zákonu č. **245/2001 Sb.**, o vodách a zákonu č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích. Zákon č. **185/2001 Sb.**, **reguluje odpady**, zařazení jednotlivých odpadů podléhá Katalogu o odpadech (příloha č.1 vyhlášky č. 381/2001 Sb.) Popisuje podmínky pro zařazení odpadu podle katalogu, podmínky pro nakládání s nebezpečným odpadem, zpracování plánu o odpadovém hospodářství. Nakládání s obaly je regulováno zákonem č. 477/2001 Sb., o obalech.

Ochranu ovzduší upravuje legislativa **86/2002 Sb.**, **o ochraně ovzduší**, zařazuje slévárny do příslušné kategorie, sleduje, měří plnění emisních limitů podle NV č. 353/2002 Sb.

Na základě zjištěných výsledků jednotlivých vstupů, výstupů, dat, rozhodnutí, měření ve společnosti Vítkovické slévárny, jsem došel k těmto závěrům.

Společnost Vítkovické slévárny dodržují výše uvedené právní dokumenty a zařazuje do své výroby nejlepší dostupné techniky, tudíž nemá problém s porušováním jakékoliv legislativy. Ve své výrobní činnosti **vyrábí celkem 7862,8 tun odlitků/rok**. Jednotlivé zastoupení můžeme vidět na **Graf 7**. Z celkového počtu tvoří u EOP 5t pece vsázku 37% vrat z výroby, 46% kovový šrot, ostatní množství spadá na nové suroviny. Celková

produkce odpadů za rok činí 923,4 tun, z tohoto množství spadá 192,64 tun do kategorie nebezpečných odpadů, 17,4 tun jde zpět do výroby, zbytek zpracovávají specializované firmy. Emisní limity nejsou porušovány. Nedochází k převýšení emisních limitů podle zákona o integrované prevenci. V kategorizaci zdrojů má společnost 4 velké zdroje EOP 5t, EIP 2×2t, EIP AJAX I, II. Pro vodní hospodářství jsou stanoveny koncentrační limity, které nejsou porušovány, stupeň znečištění je nízký. Regenerace formovací směsi má návratnost 90% regenerátu.



Graf 7. Zastoupení množství výroby v tavících pecích

## 5. Závěr

Slévárenství patří mezi tradiční odvětví české ekonomiky, které vzhledem k rozvoji navazujících odvětví v posledních letech stále posiluje svou pozici v rámci zpracovatelského průmyslu ČR.

Cílem práce bylo na základě měřitelných dat ukázat vliv slévárenství na životní prostředí. V práci je objasněna problematika výrobního odvětví slévárenství. Byly analyzovány jednotlivé procesy a jejich možné vlivy.

Hlavním přínosem práce je seznámení s jednotlivými procesy, legislativou týkající se slévárenství a využitelnost těchto poznatků v praxi. Čtenářům poskytuje přehledné informace. Vše je doplněno názornými výsledky.

Navzdory průběžnému zavádění nových či modernizovaných zařízení, výrobních technologií, je slévárenství charakterizované vysokou materiálovou a energetickou náročností. Odvětví je závislé na vstupních surovinách, které se musí dovážet. Řadí se mezi významné znečišťovatele životního prostředí, a tak je tato výrobní činnost do velké míry omezována legislativní úpravou. Dodržování legislativy a použitím nejlepších dostupných technologií ve výrobě dochází ke spokojenosti všech stran.

## 6. Citovaná literatura

1. **STANČEK, Ladislav.** *Technológia I, Zlievanie*. 1.vydání. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislavě, STU, 2006. str. 134. ISBN 80-227-2350-9.
2. **BEDNÁŘOVÁ, Vlasta.** *Recyklace slévárenských odpadů a regenerace formovacích směsí*. 1. vydání. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava FMFI, 2004. str. 58.
3. **BREF.** *Referenční materiál nejlepších dostupných technik pro kovárny a slévárny*. 2005.
4. **Ernst, W.Mayer.** *Giesserei*. 2001, 8, stránky 49 - 54.
5. **FORÝTEK, Lumír.** *Slévárenské stroje a zařízení*. 1. vydání. Brno : Vysoké technické učení v Brně, 1979. str. 218.
6. **HINDRICH, Milan.** Moderní regenerační zařízení ve slévárně oceli PSP Slévárna, Přerov. *Časopis slévárenství*. 2003, LI.
7. **CHRÁST, Jaroslav.** *Slévárenská zařízení*. 1. vydání. Brno : Vysoké učení technické v Čs.redakci MON, 1990. str. 180. ISBN 80-214-0148-6.
8. —. *Slévárenská zařízení*. 1. vydání. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. str. 256. ISBN 80-7204-456-7.
9. **JELÍNEK, Petr.** *Slévárenské formovací směsi a materiály*. 1. vydání. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hutnická fakulta, 1969. str. 140.
10. **JIROUT, Tomáš.** Mísení zrnitých látek. *Hydromechanická zařízení, podklady pro přednášky*. [Online] [Citace: 25. 10 2009.] <http://users.fs.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz.htm>.
11. **KOŘENÝ, Rudolf.** *Slévárenství neželezných kovů a slitin*. Ostrava : VŠB v Ostravě, 1971. str. 251.
12. —. *Výrobní postupy odlitků*. 1. vydání. Ostrava : VŠB v Ostravě, 1989. str. 166.
13. **LAPČÍK, Vladimír.** *Výrobní a environmentální technologie*. 1. vydání. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1960-0.

- 
14. **MACÁŠEK, Igor.** *Slévárenská technologie III.* 1. vydání. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1972. str. 186. ISSN 411-33152.
  15. **PELLANT, Chris.** *Horniny a minerály.* 3. vydání. místo neznámé : Knižní klub, příroda v kostce, 2005. str. 256.
  16. **GRÍGEROVÁ, Tatiana, KOŘENÝ, Rudolf a LUKÁČ, Ivan.** *Zlívárenstvo neželezných kovů.* 1. vydání. Bratislava : ALFA - Vydavateľstvo technickej literatúry, 1988. str. 424. ISSN 063-566-88.
  17. **VILČKO, Ján a SLOVÁK, Stanislav.** *Zlívárenská technológia.* 1. vydání. Bratislava : ALFA - vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1987. str. 496.
  18. **OLIVERIUS, V.** *Slévání neželezných kovů.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1954. str. 163. ISSN 301-05-54.
  19. **JAIN, P.L.** *Principles of foundry technology.* 4.vydání. Noida : Tata McGraw Hill Publishing, 2003. str. 359. ISBN 978-0-07.
  20. **HINDRICH, Milan.** Odlitky z lehkých neželezných kovů odlévané do pískových a kovových forem. 2008, Sv. 9-10, LVI.
  21. **ZUKAL, František.** *Zařízení a provoz sléváren pro 4.ročník studijního oboru.* 1. vydání. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1979. str. 325. ISSN 22-34-6.
  22. *Metals handbook. authors, Group of.* United States : Metals Park, 1986.
  23. Hlášení o produkci a nakládání s odpady. Ostrava : Vítkovické slévárny, spol. s r.o., 2010.
  24. Zákon č. 76/2002 Sb. *o integrované prevenci a omezování znečištění.*
  25. **KOPLÍK, R.** *IPPC nástroj pro zajištění trvalého rozvoje sléváren, aktuální otázky novely k zákonu o čistotě ovzduší.* Hradec Králové : Česká slévárenská společnost Východočeského regionu, 2004.
  26. **RUDOLF, E.** *Slévárny z pohledu právních předpisů ochrany životního prostředí.* Hradec Králové : Česká slévárenská společnost Východočeského regionu, 2004.
  27. **Vítkovické slévárny, spol. s r.o.** *Provozní řád, část ochrana ovzduší.* červenec 2009.

- 
28. **HRUŠKOVÁ, Jarmila.** *Životní prostředí a ekologie ve společnosti Vítkovické slévárny, spol. s r.o.* Ostrava - Vítkovice : Vítkovické slévárny, spol. s r.o., 2010.
29. Zákon č. 86/2002 Sb. ,*o ochraně ovzduší.*
30. Zákon č. 185/2002 Sb. ,*zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.*
31. **Vítkovické slévárny, spol. s r.o.** Historie společnosti. *Vítkovické slévárny, spol. s r.o.* [Online] [Citace: 10. 2 2010.] [http://www.vitkovickeslevarny.cz/202\\_historie.php](http://www.vitkovickeslevarny.cz/202_historie.php).
32. —. Země vývozu. *Vítkovické slévárny, spol. s r.o.* [Online] [Citace: 10. 2 2010.] [http://www.vitkovickeslevarny.cz/207\\_zeme\\_vyvozu.php](http://www.vitkovickeslevarny.cz/207_zeme_vyvozu.php).
33. Nařízení vlády 615/2006 Sb. ,*Nařízení vlády kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.*
34. Zákon 262/2006 Sb. , *zákoník práce.*
35. **KROUPA, Ondřej.** Rozhodnutí, Krajského úřadu Moravskoslezského kraje, odboru životního prostředí a zemědělství, ve věci vydání 4. zěny integrovaného povolení pro zařízení „ Slévárna železných kovů“. Ostrava : Krajský úřad, Moravskoslezský Kraj, 2009. MSK 74518/2009.
36. **HADAMČÍKOVÁ, Karin.** Rozhodnutí, Krajského úřadu Moravskoslezského kraje, odboru životního prostředí a zemědělství, ve věci integrovaného povolení pro zařízení „Slévárna železných kovů“. Ostrava : Krajský úřad Moravskoslezského kraje, Obbor životního prostředí a zemědělství, 2006. MSK 175440/2006.
37. **Ostrava, Hutní projekt.** Stručné shrnutí údajů žádosti. *Ministerstvo životního prostředí České republiky.* [Online] 22. 12 2006. [Citace: 21. 11 2009.] [http://iris.env.cz/www/ippc.nsf/\\$pid/MZPXXFHV4JT9](http://iris.env.cz/www/ippc.nsf/$pid/MZPXXFHV4JT9).
38. **Vítkovické slévárny, spol. s r.o.** *Výroční zpráva.* 2003.
39. **GLOSSMANN, Petr.** Protokol o autorizovaném měření emisí TZL. Ostrava : Zkušební laboratoř č. 1300.2, 2009. Sv. č. 52/2009.

40. **NĚMEC, Milan a Jaroslav, PROVAZNÍK.** Slévárenské slitiny neželezných kovů. Praha : Česká technická - nakladatelství ČVUT, 2008. Vydání 1., str. 137. ISBN 978-80-01-04116-1.

41. **MAJERČÁKOVÁ, Anna.** *Výroba oceli v elektrických pecích.* Praha : SNTL, 1988. stránky s. 326 -372.



## 7. Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 SCHÉMA ÚPRAVY FORMOVACÍ SMĚSI (CHRÁST, 1990) .....	11
OBRÁZEK 2 SKLADOVÁNÍ A ÚPRAVA NOVÉHO OSTŘIVA (CHRÁST, 1990) .....	12
OBRÁZEK 3 BUBNOVÁ, PROUDOVÁ A FLUIDNÍ SUŠIČKA (CHRÁST, 2006) .....	13
OBRÁZEK 4 SCHÉMA ÚPRAVY VRATNÝCH PÍSKŮ .....	14
OBRÁZEK 5 ZNÁZORNĚNÍ MAGNETICKÝCH ODLUČOVAČŮ (CHRÁST, 1990) .....	14
OBRÁZEK 6 FLUIDNÍ CHLADNIČKA S VIBRAČNÍM ŽLABEM (CHRÁST, 1990) .....	15
OBRÁZEK 7 POLYGONOVÁ SÍTA (CHRÁST, 1990) .....	16
OBRÁZEK 8 ZNÁZORNĚNÍ MÍSENÍ, HNĚTENÍ A ROZTÍRÁNÍ .....	17
OBRÁZEK 9 ROZDĚLENÍ MÍSIČŮ .....	17
OBRÁZEK 10 DÁVKOVÝ VIBRAČNÍ MÍSIČ (CHRÁST, 1990) .....	18
OBRÁZEK 11 PROCESNÍ ŘÍZENÍ KVALITY S VLHKOSTNÍ KOREKTUROU (EIRICH FK) A VYHODNOCOVÁNÍM TECHNOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ V DÁVCE KONTROLOVANÉ NA VYNÁŠECÍM PÁSU .....	19
OBRÁZEK 12 MÍSIČÍ JEDNOTKA JÁDROVÉ CB SMĚSI S VRTULOVÝM MÍSIČEM (LAEMPE) .....	21
OBRÁZEK 13 RAMENO MÍSIČE S FLUIDIZAČNÍ KOMOROU (CHRÁST, 2006) .....	22
OBRÁZEK 14 PŘEDREGENERAČNÍ JEDNOTKA VESTAVĚNÁ DO VYTLOUKACÍHO ROŠTU (IMF); (CHRÁST, 2006) .....	24
OBRÁZEK 15 MECHANICKÁ REGENERAČNÍ JEDNOTKA S NÍZKOENERGETICKOU OTÍRKOU A INTEGROVANÝM ROŠTEM. (RICHARDS LHD); (CHRÁST, 2006) .....	25
OBRÁZEK 16 PNEUMATICKÁ REGENERAČNÍ JEDNOTKA SE DVĚMA BUŇKAMI (SIMPSON – PRO CLAIM); (CHRÁST, 2006) .....	26
OBRÁZEK 17 TEPELNÁ REGENERAČNÍ JEDNOTKA S DVĚMA BUŇKAMI (SIMPSON – PRO CLAIM); (CHRÁST, 2006) .....	27
OBRÁZEK 18 ZOBRAZENÍ NETRVALÉ FORMY S PÍSKOVÝM JÁDREM (STANČEK, 2006) .....	28
OBRÁZEK 19 OTEVŘENÁ FORMA (LAPČÍK, 2008) .....	31
OBRÁZEK 20 POSTUP FORMOVÁNÍ S NEDĚLENÝM MODELEM .....	31
OBRÁZEK 21 FORMOVÁNÍ ROTAČNÍ ŠABLONOU .....	32
OBRÁZEK 22 STŘÁSAČÍ STROJ BEZ TLUMENÍ A S TLUMENÍM RÁZU VPRAVO .....	33
OBRÁZEK 23 HORNÍ A SPODNÍ LISOVÁNÍ .....	34
OBRÁZEK 24 STABILNÍ PÍSKOMET (BMD) PŘEVZATO CHRÁST 2006 .....	35
OBRÁZEK 25 PRINCIP TLAKOVÉHO LITÍ (A- PLNĚNÍ TLAKOVÉ KOMORY, B- VTLAČOVÁNÍ KOVU DO FORMY, C- VYHAZOVÁNÍ ODLITKU) (LAPČÍK, 2008) .....	36
OBRÁZEK 26 ELEKTRICKÁ OBLOUKOVÁ PÍČKA PRO SKLOPNÉ LITÍ .....	37
OBRÁZEK 27 STOLOVÝ TRYSKAČ (LAPČÍK 2008) .....	39
OBRÁZEK 28 HORKOVĚTRNÁ KUPLOVNA S DLOUHOU KAMPAŇÍ VYBAVENÁ REKUPERÁTOREM, DOPALOVÁNÍM CO A ODTAHEM SPALIN PŘES CHLADIČ DO SUCHÉHO ODPRÁŠOVACÍHO ZAŘÍZENÍ (CHLADIČ, CYKLON, FILTR) .....	42
OBRÁZEK 29 INDUKČNÍ PEC KANÁLKOVÁ A KELÍMKOVÁ .....	43
OBRÁZEK 30 ELEKTRICKÁ OBLOUKOVÁ PEC ( <a href="http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyroba_zeleza.html">HTTP://GEOLOGIE.VSB.CZ/LOZISKA/SUROVINY/VYROBA_ZELEZA.HTML</a> ) .....	44

## 8. Seznam tabulek

TABULKA 1 VÝSLEDKY ANALÝZ (MG/KG) POUŽITÝCH FORMOVACÍCH SMĚSÍ Z NĚKOLIKA ZDROJŮ (BAT) .....	9
TABULKA 2 ROZDĚLENÍ SAMOTVRDNOUCÍCH SMĚSÍ .....	22
TABULKA 3 REGENERACE PRO MONOSYSTÉMOVÉ VRATNÉ SMĚSI .....	25
TABULKA 4 REGENERACE VÍCESYSTÉMOVÝCH VRATNÝCH SMĚSÍ .....	26
TABULKA 5 POUŽITELNOST RŮZNÝCH TYPŮ FOREM, PŘEVZATO Z BREF .....	29
TABULKA 6 POUŽITÍ SLÉVÁRENSKÝCH TAVÍČÍCH A UDRŽOVACÍCH PECÍ. ....	41
TABULKA 7 NÁZORNÁ UKÁZKA PŘÍLOHY KATEGORIZACE ZDROJŮ .....	50
TABULKA 8 EOP 30T/DEN .....	53
TABULKA 9 SLOŽENÍ VSÁZKY PRO VÝROBU OCELI, EOP 5T .....	54
TABULKA 10 SLOŽENÍ VSÁZKY PRO VÝROBU LITINY, EOP 5T .....	54
TABULKA 11 PARAMETRY FILTRACE SPALIN, FVU – 1200 .....	55
TABULKA 12 EOP 5T CELKOVÁ VSÁZKA T/ROK .....	55
TABULKA 13 EIP, SF PECE ISTOL .....	56
TABULKA 14 SLOŽENÍ VSÁZKY PRO VÝROBU OCELI, EIP 18T/DEN .....	57
TABULKA 15 SLOŽENÍ PRO VÝROBU LITINY, EIP 18/DEN .....	57
TABULKA 16 EIP AJAX I,II .....	58
TABULKA 17 SLOŽENÍ VSÁZKY PRO VÝROBU MOSAZNÝCH SLITIN .....	58
TABULKA 18 VSTUPNÍ SUROVINY EIP AJAX I, II (VÝROBA 684 TUN ODLITKŮ/ROK) .....	58
TABULKA 19 ODLUČOVAČ FVU 1200 .....	62
TABULKA 20 ODLUČOVAČ FKK 12/420.....	62
TABULKA 21 NÁZORNÁ UKÁZKA PŘÍLOHY INTEGROVANÉHO POVOLENÍ.....	63
TABULKA 22 POPIS MĚŘÍČÍHO MÍSTA .....	64
TABULKA 23 HODNOTY MĚŘENÍ TZL .....	64
TABULKA 24 OBJEMOVÉ TOKY .....	65
TABULKA 25 MNOŽSTVÍ ODPADŮ SPOLEČNOSTI.....	66

## 9. Seznam grafů

GRAF 1 PRODUKTY EOP 5T (T/ROK) .....	56
GRAF 2 PRODUKTY EIP .....	57
GRAF 3 PRODUKTY EIP AJAX I (T/ROK) .....	59
GRAF 4 PRODUKTY EIP AJAX II (T/ROK) .....	59
GRAF 5 CELKOVÁ PRODUKCE SLÉVÁRNY .....	59
GRAF 6 MNOŽSTVÍ ODPADU SLÉVÁRNY .....	66
GRAF 7. ZASTOUPENÍ MNOŽSTVÍ VÝROBY V TAVÍCÍCH PECÍ .....	69

## 10. Seznam zkratk

EU	evropská unie
mil.	milionů
CAD	computer – aided - design
CAM	computer- aided manufacturing
CNC	computer-numerical- controlled
ot/min	otáček za minutu
%	procento
č.	číslo
MPa	mega pascalu
ZL	znečišťujících látek
Hz	Herz
kg	kilogram
t	tun
m	metr
cm	centimetr
ot/min	otáček za minutu
kPa	kilo pascal
pozn.	poznámka
MSK	Moravskoslezský kraj
ks	kusů
kW	kilowatt
TZL	tuhé znečišťující látky
Ø	průměr
V	voltů
kVA	kilo-volt-amper
ŽP	životní prostředí
tzn.	to znamená
m/s	metrů za sekundu
Sb.	sbírky
°C	stupeň celsia

# 11. Seznam příloh

Příloha č. 1 Slévárenský postup

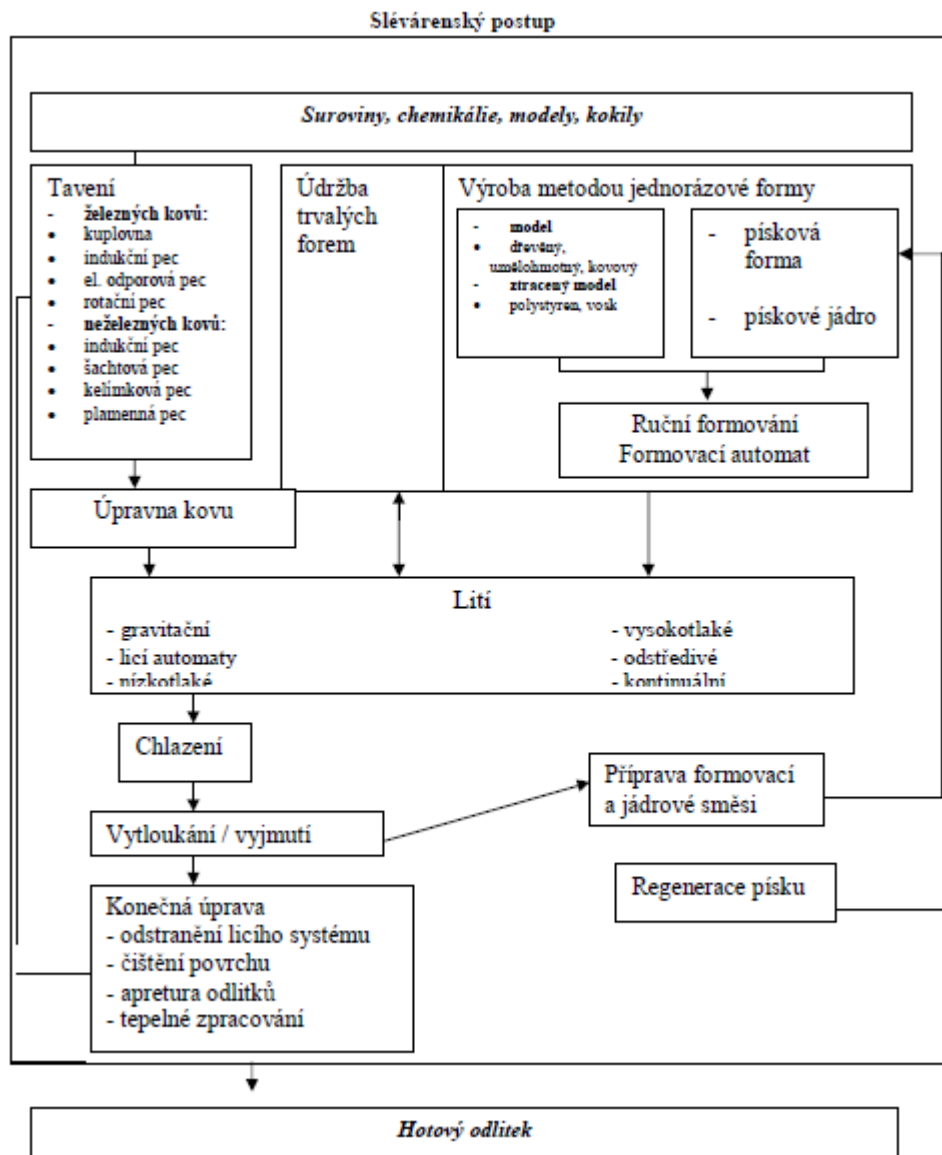
Příloha č. 2 Postupy regenerace vratných směsí

Příloha č. 3 Princip technologie vytavitelného modelu

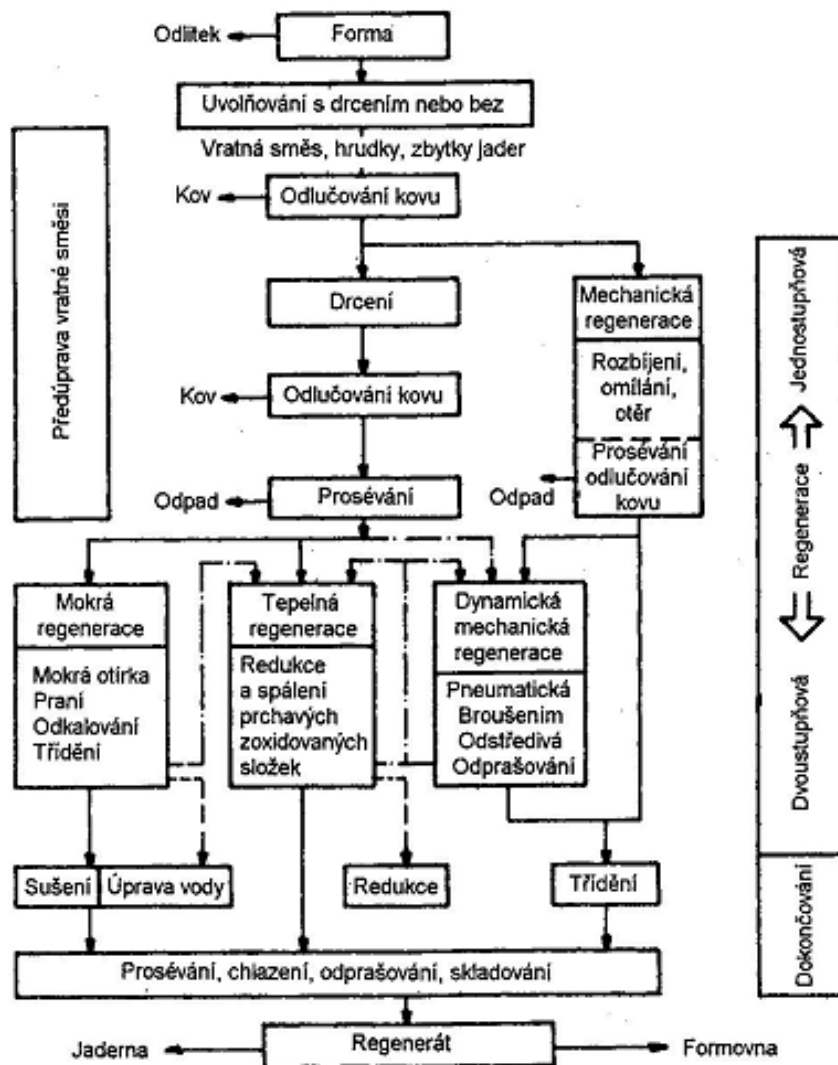
Příloha č. 4 Kategorizace zdroje

Příloha č. 5 Emisní limity pro jednotlivé zdroje

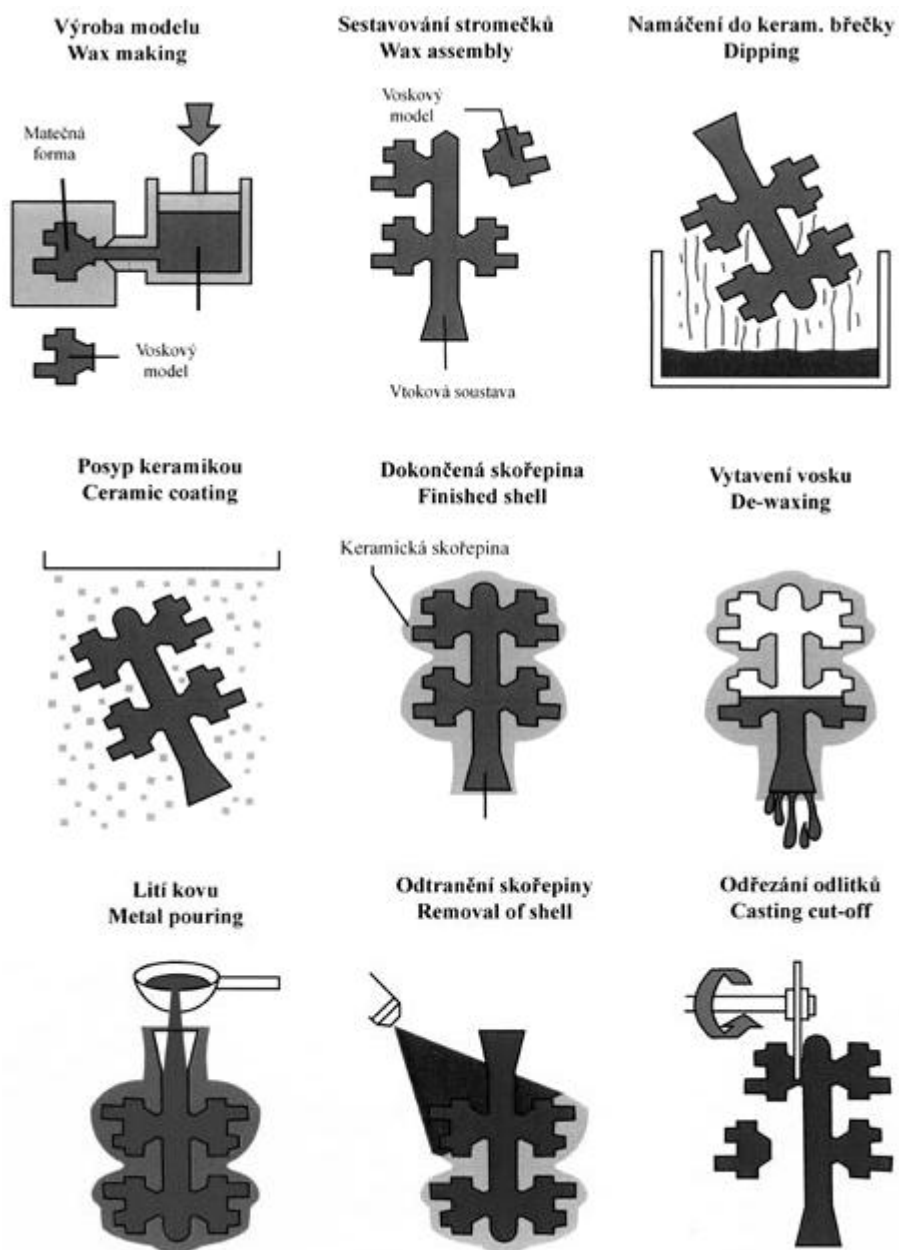
## Příloha č. 1 Slévárenský postup



## Příloha č. 2 Postupy regenerace vratných směsí



## Příloha č. 3 Princip technologie vytavitelného modelu, převzato slévárnictví 2008.





## Příloha č. 5 Emisní limity zdrojů znečišťování

Zdroj znečišťování ovzduší	Znečišťující látka	Emisní limit mg/m <sup>3</sup>	Vztažné podmínky	Četnost měření
101 Elektrická oblouková pec EOP 5 t	tuhé znečišťující látky (TZL)	75	A	1x za rok
		20 (od 1.1.2010)		
	oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )	400	B	
	oxidy dusíku vyjádřené jako oxid dusičitý (NO <sub>x</sub> jako NO <sub>2</sub> )	400	A	
	oxid uhelnatý (CO)	1000		
102 Elektrická indukční pec ISTOL 2 x 2 t 151 Elektrická indukční pec ACEC 2 x 8 t 152 Elektrická indukční pec ELPHIAC 2 x 4 t	TZL	75	C	1x za rok
20 (od 1.1.2010)		A		
320 Sušení pánví (4 x 100 kW)	NO <sub>x</sub> jako NO <sub>2</sub>	500	-	1x za rok <sup>1)</sup>
	CO	800		
311 Předehřev forem (vozová pec ZP 1,4 MW) 407 Sušárny forem 1 – 3 410 Náhřev kokil (komorová pec 1,21 MW) 412 Žihací pece č. 4 (3,93 MW) 413 Vozová žihací pec (0,8 MW) 520, 521 Žihací pece 1 a 2 (2,34 MW a 2,1 MW)	NO <sub>x</sub> jako NO <sub>2</sub>	500	B	1x za 3 roky
	CO	800		
202 Příprava písku (2 x mísič WÖHR) 301 Průběžný tryskač (průběžný tryskač, svoz písku a přesypy) 330 Vybíjení odlitků (vybíjecí rošt, svoz písku a přesypy) 303 Regenerace písku (drtič, vibrační podavač a přesypy)	TZL	50	C	1x za 3 roky
	Organické látky celkem (OC) vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC)	50	B	

<b>104 Odlévání<sup>2)</sup></b> (odlévání odlitků) <b>154 Odlévání</b> (odstředivý lící stroj) <b>400 Formovna vr. a spod. SLV</b> (mísič WÖHR, vytloukání a nástřik kokil, vychlaz. jáma) <b>502 Tryskání II</b> (tryskač PT 1800) <b>503 Tryskání III</b> (2 x tryskač PTB 5) (2 x tryskač CKM) <b>507 Svařovna odlitků</b> <b>508 Pálení odlitků</b> <b>801 Dřevoobráběcí stroje I</b> (soustruh, pila, brusky, frézy, vrtačky, hoblovky) <b>820 Dřevoobráběcí stroje II</b> (frézy, pily, brusky)	TZL	50	C	1x za 3 roky
<b>900 Lakovna</b> (natírací boxy č. 901 až 903)	TZL	3	B	1x za 3 roky
	Těkavé organické látky celkem (VOC) vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC)	50		
	Limitní měrná výrobní emise TOC	90 g/m <sup>2</sup>		
	Fugitivní emise	20 %		

- Vztažné podmínky A pro emisní limit znamenající koncentraci příslušné látky v suchém plynu za normálních podmínek.
  - Vztažné podmínky B pro emisní limit znamenající koncentraci příslušné látky ve vlhkém plynu za normálních podmínek.
  - Vztažné podmínky C pro emisní limit znamenající koncentraci příslušné látky v odpadním plynu za obvyklých provozních podmínek.
- 1) Emise budou zjišťovány pomocí emisních faktorů [NO<sub>x</sub>(NO<sub>2</sub>) 1920 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, CO 320 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>] spáleného zemního plynu.
- 2) Emise na zdroji č. 104 budou zjišťovány každoročně pomocí emisního faktoru dle měření provedeného na zdroji č. 154 v četnosti dle tabulky.“

Další monitoring znečišťujících látek, pro které není stanoven emisní limit:

Zdroj znečišťování ovzduší	Znečišťující látka	Četnost měření
101 Elektrická oblouková pec EOP 5 t 102 Elektrická indukční pec ISTOL 2 x 2 t	PCDD a PCDF, PAH, PCB, Těžké kovy (Cd, Hg, Pb, As)	1x za 3 roky
151 Elektrická indukční pec ACEC 2 x 8 t 152 Elektrická indukční pec ELPHIAC 2 x 4 t	PCDD a PCDF, PAH, PCB, Těžké kovy (Cd, Hg, Pb, As)	1x za 3 roky <sup>1)</sup>

- <sup>1)</sup> Emise na zdrojích č. 151 a č. 152 budou zjišťovány každoročně pomocí emisního faktoru dle měření provedeného na zdroji č. 102 v četnosti dle tabulky.“

Pro nově zavedené EIP AJAX I, II platí tyto emisní limity

Ukazatel	Zdroj znečišťování – EIP AJAX I,II
Kategorie zdroje	Velký zdroj
Četnost jednorázového měření	1 × za rok
Emisní limity	mg/m <sup>3</sup>
TZL	75
Zn	10